

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2001110027
PUBLICATION DATE : 20-04-01

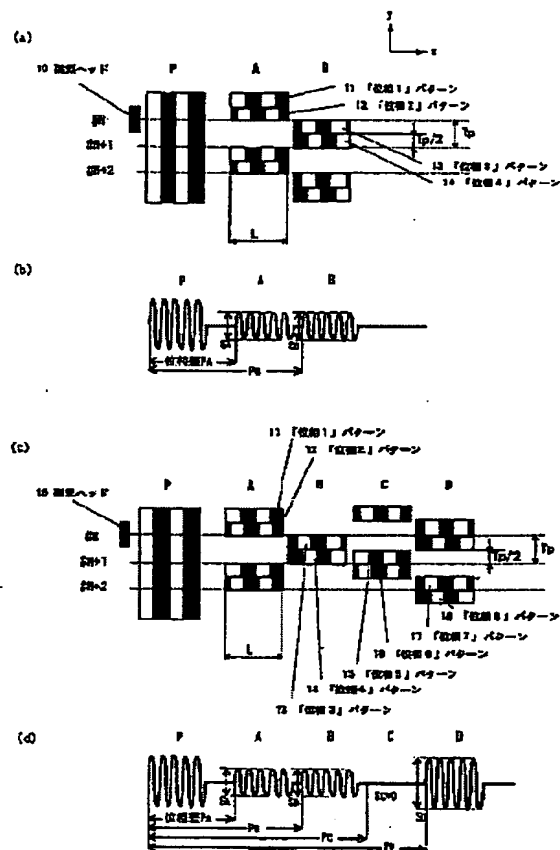
APPLICATION DATE : 08-10-99
APPLICATION NUMBER : 11288458

APPLICANT : HITACHI LTD;

INVENTOR : SEO YOSUKE;

INT.CL. : G11B 5/596

TITLE : MAGNETIC STORAGE



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a improved method and device than a conventional system to a main cause of obstructing increase in track density.

SOLUTION: A servo pattern is constituted of plural patterns arranged on both sides of a track central line while shifting in the track direction, and respective patterns A, B are constituted so that respectively two kinds of phase state patterns 11, 12, 13, 14 are arranged in the track width direction. A sine wave function nearly coinciding with a servo pattern regenerative signal waveform is obtained based on frequency information of a beforehand held regenerative signal, and a magnetic head signal is demodulated.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The magnetic-recording medium which has a servo pattern, and the magnetic head which performs writing and read-out of information to said magnetic-recording medium, In magnetic storage including the servo signal demodulator circuit which recovers a magnetic-head position signal from the regenerative signal of said servo pattern The regenerative signal of said servo pattern includes two or more partial signals with which the amplitude and a phase change to coincidence according to the truck cross direction location of said magnetic head. Said servo signal demodulator circuit is magnetic storage characterized by restoring to said magnetic-head position signal in quest of the abbreviation coincidence sine wave [each / of two or more of said partial signals] function based on the frequency information on said regenerative signal currently held beforehand.

[Claim 2] It is the magnetic storage characterized by for said servo demodulator circuit asking for the amplitude of each partial signal by adding integral processing to the partial signal concerned in magnetic storage according to claim 1, and asking for a phase from the phase of said sinusoidal function.

[Claim 3] It is the magnetic storage characterized by said servo demodulator circuit asking for the amplitude and phase of each partial signal from said sinusoidal oscillation of a function and phase in magnetic storage according to claim 1.

[Claim 4] It is the magnetic storage characterized by giving different weight to the information for which said servo demodulator circuit is obtained from the amplitude in magnetic storage according to claim 1, 2, or 3, and the information acquired from a phase, and restoring to said magnetic-head position signal.

[Claim 5] Magnetic storage characterized by obtaining the velocity vector of said magnetic head using two magnetic-head position signals which only predetermined distance left in the direction of a truck in the magnetic storage of claim 1-4 given in any 1 term.

[Claim 6] The magnetic-recording medium which has a servo pattern, and the magnetic head which performs writing and read-out of information to said magnetic-recording medium, In magnetic storage including the servo signal demodulator circuit which recovers a magnetic-head position signal from the regenerative signal of said servo pattern Said two or more patterns are magnetic storage characterized by arranging the pattern of two kinds of phase conditions crosswise [truck], and being constituted including two or more patterns which shifted said servo pattern in the direction of a truck on both sides of a truck center line, and have been arranged, respectively.

[Claim 7] The magnetic-recording medium which has a servo pattern, and the magnetic head which performs writing and read-out of information to said magnetic-recording medium, In magnetic storage including the servo signal demodulator circuit which recovers a magnetic-head position signal from the regenerative signal of said servo pattern Said two or more patterns are magnetic storage characterized by arranging the pattern of the phase condition of N (N is three or more positive numbers) class crosswise [truck], and being constituted including two or more patterns which shifted said servo pattern in the direction of a truck on both sides of a truck center line, and have been arranged, respectively.

[Claim 8] The magnetic-recording medium which has a servo pattern, and the magnetic head which performs writing and read-out of information to said magnetic-recording medium, In magnetic storage including the servo signal demodulator circuit which recovers a magnetic-head position

THIS PAGE BLANK (USPTO)

signal from the regenerative signal of said servo pattern said servo pattern Said two or more patterns are magnetic storage with which the phase condition of the direction of a truck is characterized by being the pattern which changes crosswise [truck] continuously, respectively including two or more patterns shifted and arranged in the direction of a truck on both sides of a truck center line.

[Claim 9] The magnetic-recording medium which has a servo pattern and was divided crosswise [truck] in two or more zones, In the magnetic storage which includes informational writing, the magnetic head which performs read-out, and the servo signal demodulator circuit which recovers a magnetic-head position signal from the regenerative signal of said servo pattern to said magnetic-recording medium The regenerative signal of said servo pattern includes two or more partial waves from which the amplitude and a phase change to coincidence according to the truck cross direction location of said magnetic head. The frequencies of said servo pattern regenerative signal differ for said every zone. Said servo signal demodulator circuit is magnetic storage characterized by restoring to said magnetic-head position signal in quest of the abbreviation coincidence sine wave [each / of two or more of said partial signals] function based on the frequency information on said servo pattern regenerative signal read from the inside of each zone.

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to magnetic storage and relates to magnetic storage which acquires the information for positioning the magnetic head from the regenerative signal of the servo pattern especially recorded on the magnetic disk, such as a flexible mold magnetic disk drive and a rigid mold magnetic disk drive.

[0002]

[Description of the Prior Art] By carrying out alternate arrangement of the servo bit for every predetermined truck spacing like the publication to JP,47-32012,B most generally, and the servo pattern for positioning the magnetic head of magnetic storage reproducing the each, and comparing an amplitude difference, the positional information of the truck cross direction is acquired and the method of positioning the magnetic head (tracking) is learned.

[0003] Drawing 2 is drawing explaining the outline of the conventional "amplitude detection servo" method. Drawing in which drawing 2 (a) shows the relation between a truck and a servo pattern, and drawing 2 (b) are drawings showing an example of the regenerative signal acquired from the magnetic head which moves in a servo pattern top. The case where the magnetic head 10 of the width of recording track T_{wr} is positioned to truck #N is considered. As shown in drawing 2 (a), when the magnetic head 10 advances in the x directions of drawing and Pattern P and A-D are passed, a regenerative signal as shown in drawing 2 (b) is acquired. Here, it expresses that P, the white part of each pattern of A-D, and a black part have respectively the mutually reverse sense of magnetization of the servo pattern recorded on the magnetic-recording medium. That is, if the sense of magnetization of a white part and a black part is a vector which has the direction (x directions) component of a truck in a medium side and which turned to hard flow mutually if it is the magnetic recording within a field, and it is vertical recording, the sense of magnetization of a white part and a black part is the vector with a component perpendicular to a medium front face which turned to hard flow mutually. Moreover, the pattern of drawing 2 (a) is a mimetic diagram, and in agreement with the signal cycle of drawing 2 (b) in fact.

[0004] If SA-SB which is the difference of the regenerative-signal amplitude SA of Pattern A and the regenerative-signal amplitude SB of Pattern B is calculated and the magnetic head 10 is moved crosswise [truck / y], the result of an operation will serve as N-POS shown in the right of drawing 2 (a). If similarly SC-SD which is the difference of the regenerative-signal amplitude SC of Pattern C and the regenerative-signal amplitude SD of Pattern D is calculated and the magnetic head 10 is moved crosswise [truck / y], the result of an operation will serve as Q-POS shown in the right of drawing 2 (a). The current position of the magnetic head 10 can be known by using suitably the signal of N-POS and Q-POS which were calculated above as a position signal.

[0005] The method which "phase detection servo" Becomes as a servo system different from the above on the other hand is indicated by JP,60-10472,A. Drawing 3 is drawing explaining the outline of the conventional "phase detection servo" method. The case where the magnetic head 10 of the width of recording track T_{wr} is positioned to truck #N is considered. The magnetic head 10 advances in the x directions, and when passing the pattern P shown in drawing 3 (a), and A-C, a regenerative signal as shown in drawing 3 (b) is acquired. Here, the notation of P, the white part of each pattern of A-C, and a black part is the same as that of drawing 2 . Although the azimuth attaches the pattern to

THIS PAGE BLANK (USPTO)

the magnetic head 10, since the include angle is small to extent from which degradation (azimuth loss) of a regenerative signal does not pose a problem, the configuration of each regenerative signal hardly changes to drawing 2 . However, the phase of each patterns A, B, and C to Pattern P changes with locations of the truck cross direction y, and sets the phase in #N truck to PA, PB, and PC here, respectively. Here, the pattern of drawing 3 (a) is a mimetic diagram, and in agreement with the signal cycle of drawing 3 (b) in fact.

[0006] When difference PB-PA of each phase and PC-PB are calculated now, this result of an operation in the truck cross direction y becomes what was shown in the right of drawing 3 (a) as an example. The current position of the magnetic head 10 can be known by using suitably the signal of PB-PA and PC-PB which were calculated above as a position signal. In addition, as an approach of asking for phases PA, PB, and PC from the regenerative signal of drawing 3 (b), the approach currently indicated by JP,6-231552,A can be used, for example.

[0007] Moreover, the example which combines the approach of making a wave distorted to an amplitude pattern and detecting time amount change of the wave-like part to it is indicated by JP,9-251736,A. The pattern with which this pattern includes the time amount change property that in addition to the property of the conventional amplitude pattern a wave-like part does not change but another part changes is recorded. C of drawing 2 and D pattern are omissible with this pattern.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The technical or various factors on magnetic-storage production actualize as a factor which checks the increment in track density as the track density of magnetic storage increases. among those, about the geometric factor resulting from the width of recording track and the servo pattern configuration of the magnetic head, it appears in the form of the non-linearity of a position signal -- it comes. In this, a record pattern writes crosswise [truck], it reads, and it spreads or the effectiveness to carry out is included [**** / spread]. Moreover, about a record medium and the noise of a regenerative-circuit system, it looks relatively as a fall of a signal-to-noise ratio (S/N) to a regenerative signal. Furthermore, to the vibration (disturbance vibration) from the outside, the amount of [by the head point-to-point-control system] flattery remainder arrives at the limitation of track density by exceeding the amount which it has as allowances (margin).

[0009] Moreover, in the conventional example which combines the approach of making a wave distorted to an amplitude pattern and detecting time amount change of the wave-like part to it, since another harmonic content in addition to the harmonic content in a fundamental wave or the wave before making it distorted occurs as a result of making a wave distorted, there is a fault which a recovery noise increases. This invention is made in view of the above point, and it aims at offering the approach improved more as compared with the present method to the inhibition factor of the above-mentioned increment in track density, and equipment.

[0010]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, in this invention, the servo pattern information for positioning the magnetic head or positional information is multiplexed. That is, improvement in location precision is aimed at by using it effectively, acquiring to coincidence the amplitude information and topology which a servo pattern has, and making it complement mutually.

[0011] Generating the non-linearity of a position signal especially in an amplitude detection method by the mismatching of the width of face of a servo pattern and the reproducing-head width of recording track is admitted. However, the nonlinear location which is easy to generate is restricted to the local part. On the other hand, the topology which cannot produce non-linearity easily is acquired collectively, and if it is used complementing amplitude information and topology, the nonlinear problem of a position signal will become avoidable.

[0012] By using it about a position signal noise combining the above-mentioned amplitude information and topology, amount of information is more substantial and effectiveness is large to improvement in signal S/N. Detecting positional information to disturbance vibration, it is also acquiring the rate information on the head of the truck cross direction from topology, for example, when disturbance vibration is large, it becomes possible in an early phase to stop record actuation.

[0013] Here, as a means to acquire amplitude information from a servo pattern playback wave, full

THIS PAGE BLANK (USPTO)

wave rectification of the above-mentioned signal is carried out, and there is a method of next performing an integration operator. The result (amplitude value) obtained here reflects the amplitude value of a servo pattern regenerative signal. As another means, servo pattern playback wave information is incorporated discretely, and there is the approach of acquiring by reexpressing by the fourier polynomial. This approach is described in detail below. As a means to acquire topology from a servo pattern playback wave, servo pattern playback wave information is discretely incorporated like the above, and the approach of acquiring by reexpressing by the fourier polynomial is used. Below, the approach is described.

[0014] The above-mentioned servo pattern playback wave is a repeat covering a certain number cycle of the regular wave, and sets N and the above-mentioned number of repeats of position signal wave p (n) to L for the number (exaggerated measurement size) discretely incorporated to per [one cycle (period)]. However, n is the number of the point incorporating [wave]. It will be set to the following [several 1] if p (n) is expressed with the fourier polynomial representation. In addition, in accordance with the wave-like frequency to incorporate, it is necessary to decide the frequency of a sampling (discrete incorporation). In other words, it has wave-like frequency information in the form of a sampling frequency beforehand.

[0015]

[Equation 1]

$$p(n) = A_0 + \left[\sum_{m=1}^{N-1} \left\{ A_m \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot n \cdot \pi \cdot m}{N}\right) + B_m \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot n \cdot \pi \cdot m}{N}\right) \right\} \right]$$

[0016] Here, discretization Fourier coefficients and m of A0, Am, and Bm are the degrees of the discretization Fourier transform. If discretization Fourier coefficients are decided, it will be decided that the above-mentioned fourier polynomial will be a meaning. If the sampling data of a pattern playback wave are set to f (n), Fourier coefficients will be called for as shown in following [several 2], [several 3], and [several 4].

[0017]

[Equation 2]

$$A_0 = \frac{1}{L \cdot N} \sum_{n=0}^{L \cdot N - 1} f(n)$$

[0018]

[Equation 3]

$$A_m = \frac{2}{L \cdot N} \sum_{n=0}^{L \cdot N - 1} f(n) \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot n \cdot \pi \cdot m}{N}\right)$$

[0019]

[Equation 4]

$$B_m = \frac{2}{L \cdot N} \sum_{n=0}^{L \cdot N - 1} f(n) \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot n \cdot \pi \cdot m}{N}\right)$$

[0020] A required result can be most easily obtained by calculating the primary fourier coefficient A (m= 1) 1 and B1. Here, in amplitude detection, amplitude value is calculated as the following [several 5], and, in phase detection, the phase contrast from a reference pattern is searched for as the following [several 6].

[0021]

[Equation 5]

$$\sqrt{(A_1)^2 + (B_1)^2}$$

[0022]

[Equation 6]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

$$\arctan\left(\frac{B_1}{A_1}\right)$$

[0023] If the above technique is used, not only the amplitude information but topology will become possible [acquiring to coincidence] from the wave to which it restored. Compared with the approach which acquired only a part of [wave-like] information like before, recovery information will increase and an opportunity to utilize these effectively will increase. As mentioned above, it becomes possible to solve the various problems resulting from the above-mentioned increment in track density by the multiplexing technique of the servo pattern information by this invention, or positional information.

[0024] Namely, the magnetic-recording medium by which the magnetic storage by this invention has a servo pattern, In the magnetic storage which includes informational writing, the magnetic head which performs read-out, and the servo signal demodulator circuit which recovers a magnetic-head position signal from the regenerative signal of a servo pattern to a magnetic-recording medium The regenerative signal of a servo pattern includes two or more partial signals with which the amplitude and a phase change to coincidence according to the truck cross direction location of the magnetic head. A servo signal demodulator circuit is characterized by restoring to a magnetic-head position signal in quest of the abbreviation coincidence sine wave [each / of two or more of said partial signals] function based on the frequency information on the regenerative signal currently held beforehand.

[0025] A servo demodulator circuit shall ask for the amplitude of each partial signal by adding integral processing to the partial signal concerned, and it shall ask for a phase from the phase of said sinusoidal function. Or a servo demodulator circuit shall ask for the amplitude and phase of each partial signal from said sinusoidal oscillation of a function and phase. As for a servo demodulator circuit, it is desirable to give different weight to the information acquired from the amplitude and the information acquired from a phase, and to restore to a magnetic-head position signal.

[0026] Moreover, the velocity vector of the magnetic head can be obtained using two magnetic-head position signals which only predetermined distance left in the direction of a truck. If the velocity vector of a head travelling direction is known, before resulting in the following servo sector, a head will become possible [presuming whether it is on a predetermined truck] in a data location. If this information is used, when the impact from the outside and vibration will occur during record actuation, consequently a jump of a truck will be expected, destruction of the data of an adjoining truck can be beforehand prevented by forbidding record actuation.

[0027] The magnetic storage by this invention Moreover, the magnetic-recording medium which has a servo pattern, In the magnetic storage which includes informational writing, the magnetic head which performs read-out, and the servo signal demodulator circuit which recovers a magnetic-head position signal from the regenerative signal of a servo pattern to a magnetic-recording medium It is characterized by for said two or more patterns arranging the pattern of two kinds of phase conditions in crosswise [truck], respectively, and constituting them including two or more patterns which shifted the servo pattern in the direction of a truck on both sides of a truck center line, and have been arranged. This servo pattern can be easily formed by the present servo track writer. Pattern chart lasting time is the same as the case of the conventional servo pattern.

[0028] The magnetic storage by this invention Moreover, the magnetic-recording medium which has a servo pattern, In the magnetic storage which includes informational writing, the magnetic head which performs read-out, and the servo signal demodulator circuit which recovers a magnetic-head position signal from the regenerative signal of a servo pattern to a magnetic-recording medium It is characterized by for said two or more patterns arranging the pattern of the phase condition of N (N is three or more positive numbers) class in crosswise [truck], respectively, and constituting them including two or more patterns which shifted the servo pattern in the direction of a truck on both sides of a truck center line, and have been arranged. This servo pattern can be easily formed by the present servo track writer.

[0029] The magnetic storage by this invention Moreover, the magnetic-recording medium which has a servo pattern, In the magnetic storage which includes informational writing, the magnetic head which performs read-out, and the servo signal demodulator circuit which recovers a magnetic-head

THIS PAGE BLANK (USPTO)

position signal from the regenerative signal of a servo pattern to a magnetic-recording medium Said two or more patterns are characterized by the phase condition of the direction of a truck being the pattern which changes crosswise [truck] continuously including two or more patterns which shifted the servo pattern in the direction of a truck on both sides of a truck center line, and have been arranged, respectively.

[0030] The magnetic storage by this invention Moreover, the magnetic-recording medium which has a servo pattern and was divided crosswise [truck] in two or more zones, In the magnetic storage which includes informational writing, the magnetic head which performs read-out, and the servo signal demodulator circuit which recovers a magnetic-head position signal from the regenerative signal of a servo pattern to a magnetic-recording medium The regenerative signal of a servo pattern includes two or more partial waves from which the amplitude and a phase change to coincidence according to the truck cross direction location of the magnetic head. The frequencies of a servo pattern regenerative signal differ for every zone, and a servo signal demodulator circuit is characterized by restoring to a magnetic-head position signal in quest of the abbreviation coincidence sine wave [each / of two or more of said partial signals] function based on the frequency information on the servo pattern regenerative signal read from the inside of each zone. Moreover, the frequency of a servo pattern regenerative signal may be changed for every zone and every truck.

[0031]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained with reference to a drawing. Drawing 1 is the mimetic diagram showing an example and its example of a playback wave of the servo pattern by this invention. In drawing 1 (a) which shows a servo pattern, the direction of a x axis is the transit direction of the magnetic head 10, and the direction of the y-axis is the truck cross direction of the magnetic head 10. In this example, at least, Patterns A and B see in the direction of a x axis like illustration, alternate arrangement is carried out, and the same repeat as the direction of the y-axis is recorded. Pattern P is continuously recorded in the direction of the y-axis if needed.

[0032] Next, the configuration of each pattern is explained. Pattern A is a pattern with which the pattern 11 of the "phase 1" whose width of face of the direction of y is $1/2$ of a track pitch T_p , and the pattern 12 of a frequency f , width of face $T_p / 2$, and "a phase 2" were put in order and combined in the direction of y on the frequency f . That in which the wave had periodicity like all 1 is recorded. The pattern length L is die length to which the two or more above-mentioned wave-like periods are sufficient for being recorded at least. It is the pattern which Pattern A and the pattern B by which alternate arrangement is carried out put in order the pattern 13 of the "phase 3" whose width of face of the direction of y is $1/2$ of a track pitch T_p , and the pattern 14 of a frequency f , width of face $T_p / 2$, and "a phase 4" in the direction of y on the frequency f to the center line of truck #N, and was combined. The wave of Pattern B and pattern length are the same as that of Pattern A. Pattern P is a frequency f and is the same wave as the above-mentioned patterns 11-14. The phase of Pattern P may be in agreement with either of "phase 1" - "a phase 4", and does not need to be in agreement. Here, the above-mentioned phases 1-4 need to continue at equal intervals. That is, the equal thing of all of the phase contrast of a phase 1 and a phase 2, the phase contrast of a phase 2 and a phase 3, the phase contrast of a phase 3 and a phase 4, and the phase contrast of a phase 4 and a phase 1 is desirable.

[0033] Drawing 1 (b) shows the example of a playback wave reproduced from the magnetic head 10, when the magnetic head 10 moves in the truck #N top of the pattern shown in drawing 1 (a). The playback wave of Patterns P, A, and B turns into a sinusoidal form which all does not have waveform distortion in the ideal condition. Although phase contrast PA and PB is the phase contrast from a pattern A playback wave and the pattern P playback wave of a pattern B playback wave, since taking a difference like PA-PB can also acquire the topology between a pattern A playback wave and a pattern B playback wave, namely, it can acquire it directly also as a phase shift of a pattern B playback wave to a pattern A playback wave, without minding Pattern P, Pattern P becomes unnecessary in that case. However, the device of changing phase spacing of the above-mentioned phase 1 and a phase 2 and phase spacing of a phase 3 and a phase 4 in this case is needed.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0034] Furthermore, as a development mold of the servo pattern shown in drawing 1 (a), as shown in drawing 1 (c), Patterns C and D may be arranged in the same location as the case of drawing 2 other than Patterns A and B. In this case, the phases of the patterns 15 and 16 which constitute Pattern C are "a phase 5" and "a phase 6", respectively. Similarly, the phases of the patterns 17 and 18 which constitute Pattern D are "a phase 7" and "a phase 8", respectively. "A phase 5", "a phase 6", "a phase 7", and "a phase 8" may be in agreement with "a phase 1", "a phase 2", "a phase 3", and "a phase 4", respectively, and do not need to be in agreement.

[0035] Drawing 1 (d) is an example of a playback wave reproduced from the magnetic head 10, when the magnetic head 10 moves in the truck #N top of the pattern shown in drawing 1 (c). The playback wave of Patterns P, A, B, C, and D turns into a sinusoidal form which all does not have waveform distortion in the ideal condition. phase contrast PA and PB and Patterns A and B and .. although it is the phase contrast from the pattern P playback wave of a playback wave, since taking a difference like PA-PB can also acquire the topology between each pattern playback wave, namely, it can be directly acquired also as two phase shifts of a pattern playback wave, without minding Pattern P, Pattern P becomes unnecessary in that case. However, the device of changing phase spacing of the above-mentioned phases 1-4 and phase spacing of phases 5-8 in this case is needed.

[0036] Drawing 4 is the mimetic diagram showing other examples of the servo pattern by this invention, and an example of the playback wave. Drawing 4 (a) shows a servo pattern, the direction of a x axis is the transit direction of the magnetic head 10, and the direction of the y-axis is the truck cross direction of the magnetic head 10. In this example, at least, Patterns A and B see in the direction of a x axis like illustration, alternate arrangement is carried out, and the same repeat as the direction of the y-axis is recorded. Pattern P is continuously recorded in the direction of the y-axis if needed.

[0037] Pattern A is a pattern with which the pattern 41 of the "phase 1" whose width of face of the direction of y is $1/3$ of a track pitch T_p , the pattern 42 of a frequency f , width of face $T_p / 3$, and "a phase 2", and the pattern 43 of a frequency f , width of face $T_p / 3$, and "a phase 3" were put in order and combined in the direction of y on the frequency f . That in which the wave had periodicity like all 1 is recorded. The pattern length L is die length to which the two or more above-mentioned wave-like periods are sufficient for being recorded at least. It is the pattern which Pattern A and the pattern B by which alternate arrangement is carried out put in order the pattern 44 of the "phase 4" whose width of face of the direction of y is $1/3$ of a track pitch T_p , the pattern 45 of a frequency f , width of face $T_p / 3$, and "a phase 5", and the pattern 46 of a frequency f , width of face $T_p / 3$, and "a phase 6" in the direction of y on the frequency f to the center line of truck #N, and was combined. The wave of Pattern B and pattern length are the same as that of Pattern A. Pattern P is a frequency f and is the same wave as the above-mentioned patterns 41-46. The phase of Pattern P may be in agreement with either of "phase 1" - "a phase 6", and does not need to be in agreement. Here, the above-mentioned phases 1-6 need to continue at equal intervals. That is, all of the phase contrast of a phase 1 and a phase 2, the phase contrast of a phase 2 and a phase 3, the phase contrast of a phase 3 and a phase 4, the phase contrast of a phase 4 and a phase 5, the phase contrast of a phase 5 and a phase 6, and the phase contrast of a phase 6 and a phase 1 need an equal thing.

[0038] Drawing 4 (b) shows the example of a playback wave reproduced from the magnetic head 10, when the magnetic head 10 moves in the truck #N top of the pattern shown in drawing 4 (a). The playback wave of Patterns P, A, and B turns into a sinusoidal form which all does not have waveform distortion in the ideal condition. Although phase contrast PA and PB is the phase contrast over a pattern A playback wave and the pattern P playback wave of a pattern B playback wave, since taking a difference like PA-PB can also acquire the topology between a pattern A playback wave and a pattern B playback wave, namely, it can acquire it directly also as a phase shift of a pattern B playback wave to a pattern A playback wave, without minding Pattern P, Pattern P becomes unnecessary in that case. However, the device of changing phase spacing of the above-mentioned phase 1, a phase 2, and a phase 3 and phase spacing of a phase 4, a phase 5, and a phase 6 in this case is needed.

[0039] Furthermore, as a development mold of this servo pattern, as shown in drawing 1, Patterns C and D may be added behind [x direction] Patterns A and B. The servo pattern shown in drawing 4 can be said to be that to which the servo pattern shown in drawing 1 trichotomized one servo pattern

THIS PAGE BLANK (USPTO)

to dividing into two crosswise [truck] (the direction of y). By this view, what carried out N division of the one servo pattern crosswise [truck / y] (N is the natural number) can be considered. In addition, when N becomes a sufficiently large number, it almost becomes the servo pattern explained by drawing 5 R> 5 below with equivalence.

[0040] Drawing 5 is the mimetic diagram showing other examples of the servo pattern by this invention, and an example of the playback wave. Drawing 5 (a) shows a servo pattern, the direction of a x axis is the transit direction of the magnetic head 10, and the direction of the y-axis is the truck cross direction of the magnetic head 10. in this example, at least, Patterns A and B see in the direction of a x axis like illustration, alternate arrangement is carried out, and the same repeat as the direction of the y-axis is alike, and is recorded. Pattern P is continuously recorded in the direction of the y-axis if needed.

[0041] Pattern A is a frequency f, for example, is a pattern from which a phase changes continuously in a #N-1 truck location according to the condition and the direction location of y of "a phase 2" in the condition of "a phase 1", and #N truck location. The pattern width of face of the direction of y is equal to a track pitch Tp. The pattern length L is die length to which the two or more above-mentioned wave-like periods are sufficient for being recorded at least. It is the pattern from which Pattern A and the pattern B by which alternate arrangement is carried out are frequencies f, for example, a phase changes continuously in #N truck location according to the condition and the direction location of y of "a phase 3" to the center line of truck #N in the condition of "a phase 2", and a #N+1 truck location. The pattern width of face of the direction of y is equal to a track pitch Tp, and the pattern length L is die length to which the two or more above-mentioned wave-like periods are sufficient for being recorded at least. Pattern P is a frequency f and is the same sinusoidal wave as the above-mentioned patterns A and B. The phase of Pattern P may be in agreement with either of above-mentioned "a phase 1" - "a phase 3", and does not need to be in agreement. Here, the above-mentioned phases 1-3 need to continue at equal intervals. That is, by Pattern A, a phase changes to the condition of 1 to 2 uniformly, and a phase changes from 2 to the condition of 3 uniformly by Pattern B.

[0042] Drawing 5 (b) shows the example of a playback wave reproduced from the magnetic head 10, when the magnetic head 10 moves in the truck #N top of the pattern shown in drawing 5 (a). The playback wave of Patterns P, A, and B turns into a sinusoidal form which all does not have waveform distortion in the ideal condition. Although phase contrast PA and PB is the phase contrast over a pattern A playback wave and the pattern P playback wave of a pattern B playback wave, since taking a difference like PA-PB can also acquire the topology between a pattern A playback wave and a pattern B playback wave, namely, it can acquire it directly also as a phase shift of a pattern B playback wave to a pattern A playback wave, without minding Pattern P, Pattern P becomes unnecessary in that case. However, the device of changing phase spacing from the phase 1 to the phase 2 of Pattern A and phase spacing from the phase 2 to the phase 3 of Pattern B in this case is needed.

[0043] Furthermore, as a development mold of the servo pattern shown in drawing 5 (a), as shown in drawing 1 (d), the patterns C and D similar to Patterns A and B behind [x direction] Patterns A and B may be arranged. Drawing 6 is drawing explaining an example of the approach of recording the servo pattern shown in drawing 5 (a). Drawing 6 (a) is the top view of a magnetic disk drive. Moreover, drawing 6 (b) is drawing explaining the locus of the servo pattern recorded by the self-head with which the magnetic disk drive is equipped, and the locus of the servo pattern recorded by the exclusive head for servo pattern record.

[0044] The magnetic disk drive 61 is constituted by the magnetic disk 63 which carries out a rotation drive with a spindle motor 62, and the magnetic head 66 driven through the supporter material 65 with a voice coil motor (VCM) 64. Generally, the servo pattern locus 601 by the self-head is recorded in the shape of radii like illustration by the magnetic head 66. Although it is in the length measurement approach in the case of servo record, or the head delivery approach variously and not being illustrated especially, there is a method of driving the head 66 irradiating a laser beam at a part of head supporter material 65, for example, and measuring the length of the absolute location.

[0045] In record of the servo pattern shown in drawing 5 (a), the exclusive head 68 for servo pattern record other than the head 66 of this self-drive is used. The head 68 for servo pattern record is

THIS PAGE BLANK (USPTO)

supported by the supporter material 67, and is arranged in a location in which the locus 602 of the recording head has an include angle theta to the locus of the servo pattern record by the self-head 66 (drawing 6 (b)). While a head 66 and a head 68 take a synchronization, Patterns A and B record a desired pattern by recording with a head 68 by recording the pattern P shown, for example in drawing 5 (a) with a head 66.

[0046] Drawing 7 is drawing explaining other examples of the approach of forming the servo pattern by this invention. Unlike the approach of forming in magnetic recording by the magnetic head, the servo pattern formation approach explained here forms a servo pattern using the technique of lithography, as explained until now, it showed the creation process typically to drawing 7 (a) - (h) with the sectional view of a magnetic disk, and showed the perspective view of the servo pattern finally obtained by drawing 7 (i) through this process. This approach is applicable also to any of the servo pattern shown in drawing 1 , drawing 4 , and drawing 5 .

[0047] Drawing 7 (a) The mask for imprinting a servo pattern to a magnetic disk first by - (d) is formed. As shown in drawing 7 (a), laser cutting is carried out to a desired servo pattern configuration by the laser beam 74 from the photoresist 73 side of the mask substrate which applied the chromium layer 72 and the photoresist 73 to the glass substrate 71 in order, respectively. This process can perform La Stampa, such as a compact disk, using the cutting equipment for carrying out cutting creation. Next, as shown in drawing 7 (b), this is developed and chromium etching is performed. Then, it will be etched as the part which process development of drawing 7 (b) was carried out, and was lost shows drawing 7 (c). Finally the desired mask 75 shown in drawing 7 (d) is obtained by removing a photoresist 73 using a remover.

[0048] Next, the above-mentioned mask 75 is used for drawing 7 (e) - (h), a servo pattern is imprinted to a substrate, and the process which creates a magnetic disk with a servo pattern is shown. The glass substrate 76 shown in drawing 7 (e) serves as a substrate ingredient of a magnetic disk, and the photoresist 77 is applied on it. To this, the exposure light 78 is irradiated through the above-mentioned mask 75, and the pattern of a mask 75 is imprinted at a photoresist 77. If this is developed and it etches in reactive ion etching further, as shown in drawing 7 (f), the shape of toothing reflecting a mask pattern will be formed in the front face of a glass substrate 76. Resist removal of this was carried out like drawing 7 (g), sputtering of the magnetic film 79 was carried out, and the magnetic disk shown in drawing 7 (h) was obtained.

[0049] The flat-surface gestalt (gestalt seen from the top face) of Patterns P, A, and B is equivalent to what was shown in drawing 5 (a) at drawing 7 (i). However, with the perspective view shown by drawing 7 (i), the black part of the pattern of drawing 5 (a) is formed as heights 701, and the white part of the pattern of drawing 5 (a) is formed as a crevice 702. If a field is applied to an one direction in accordance with the case of the magnetic disk which has such a cross-section configuration, for example, a disk front face, it will be magnetized so that a space field may be sent from a concavo-convex corner, and will function as a servo pattern like the magnetization pattern shown in drawing 5 (a).

[0050] Although drawing 7 explained the mask formation process, it is also possible to create the same magnetic disk by forming La Stampa like a compact disk and making a disk substrate according to the process of injection molding. Moreover, although it is the explanatory view of projection exposure in drawing 7 (e), it is good also as adhesion exposure to which a mask and a disk substrate are stuck. Furthermore, in drawing 7 (a), although the laser beam is used for cutting, short wavelength beams, such as an electron beam, may be used from a viewpoint of the formation of pattern detailed. Moreover, although here showed the process which imprints a pattern to the magnetic disk through the mask, it is also possible to apply a resist etc. to a magnetic disk and to perform direct laser cutting.

[0051] Drawing 8 is the block diagram showing an example of the servo signal demodulator circuit which restores to a servo pattern regenerative signal and acquires the position signal of the magnetic head. Through amplifier, one is sent to the amplitude detection system 81, and another is sent for the servo pattern regenerative signal reproduced in the magnetic head to the phase detection system 82. By the amplitude detection system 81, full wave rectification of the above-mentioned signal is carried out, and then an integration operator is performed. As a result of being obtained here, 83 (amplitude value) reflects the amplitude value of a servo pattern regenerative signal. Here, the digital

THIS PAGE BLANK (USPTO)

signal after A/D is sufficient as the regenerative signal put into the amplitude detection system 81, and it should just perform a digital integration operator without full wave rectification in this case. [0052] In the phase detection system 82, wave sampling and wave fitting are performed after A/D conversion, Fourier coefficients are computed, and the phase value 84 is acquired by calculating a wave-like phase value based on it. Specifically as opposed to one wave of the above-mentioned regenerative signal, a wave is incorporated by 8 times as many exaggerated sampling as this. Under the present circumstances, in accordance with the wave-like frequency to incorporate, it is necessary to decide a sampling frequency f_s . In other words, the servo signal demodulator circuit has frequency information wave-like in the form of a sampling frequency f_s beforehand. Here, discretization Fourier series perform wave fitting and Fourier coefficients are computed. From the obtained Fourier coefficients, a phase value operation is performed and the wave-like phase value 84 is acquired as a result. Detail of the operation in a phase detection system is given below.

[0053] The above-mentioned number of repeats of 8 and position signal wave $p(n)$ is set to 10 for the number (exaggerated measurement size) discretely incorporated to per [one cycle (period)]. However, n is the number of the point incorporating [wave]. It will be set to the following [several 7] if $p(n)$ is expressed with the fourier polynomial representation.

[0054]

[Equation 7]

$$p(n) = A_0 + \left[\sum_{m=1}^3 \left\{ A_m \cdot \cos\left(\frac{n \cdot \pi \cdot m}{4}\right) + B_m \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi \cdot m}{4}\right) \right\} \right]$$

[0055] Here, discretization Fourier coefficients and m of A_0 , A_m , and B_m are the degrees of the discretization Fourier transform. It turns out that it will be decided that the above-mentioned fourier polynomial will be a meaning if discretization Fourier coefficients are decided. If the sampling data of a pattern playback wave are set to $f(n)$, the fourier coefficient A_0 , and A_m and B_m will be calculated as shown in [several 8], [several 9], and [several 10].

[0056]

[Equation 8]

$$A_0 = \frac{1}{80} \sum_{n=0}^{79} f(n)$$

[0057]

[Equation 9]

$$A_m = \frac{1}{40} \sum_{n=0}^{79} f(n) \cdot \cos\left(\frac{n \cdot \pi \cdot m}{4}\right)$$

[0058]

[Equation 10]

$$B_m = \frac{1}{40} \sum_{n=0}^{79} f(n) \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi \cdot m}{4}\right)$$

[0059] The primary fourier coefficient $A(m=1)$ 1 and information required of calculating B_1 can be acquired most easily. In phase detection, the phase contrast from a reference pattern is searched for as the following [several 11].

[0060]

[Equation 11]

$$\arctan\left(\frac{B_1}{A_1}\right)$$

[0061] Drawing 9 is the block diagram showing other examples of the servo signal demodulator circuit which restores to a servo pattern regenerative signal and acquires the position signal of the magnetic head. The servo pattern regenerative signal reproduced in the magnetic head incorporates a wave by 8 times as many exaggerated sampling as this through an amplifier and an A/D converter as

THIS PAGE BLANK (USPTO)

opposed to one of them. Under the present circumstances, in accordance with the wave-like frequency to incorporate, it is necessary to decide a sampling frequency f_s . In other words, the servo signal demodulator circuit has frequency information wave-like in the form of a sampling frequency f_s beforehand. Here, discretization Fourier series perform wave fitting and Fourier coefficients are computed.

[0062] From the obtained Fourier coefficients, a wave-amplitude value operation and a phase value operation are performed, and amplitude value 91 and the phase value 92 are acquired as a result, respectively. Specifically according to the flow of the operation from the above [several 7] to [several 10], it asks for Fourier coefficients. A required result can be most easily obtained by calculating the primary fourier coefficient A ($m=1$) and B_1 . Here, in phase detection, amplitude value 91 is calculated as shown in [several 12], and in amplitude detection, the phase contrast 92 from a reference pattern can be calculated as shown in [several 11], and it can search for it, respectively.

[0063]

[Equation 12]

$$\sqrt{(A_1)^2 + (B_1)^2}$$

[0064] The amplitude value 83 outputted from the servo signal demodulator circuit shown in drawing 8, the phase value 84, and the amplitude value 91 and the phase value 92 which are outputted from the servo signal demodulator circuit shown in drawing 9 express the position signal (POS) of the magnetic head, respectively. One linearity position signal is acquired by distributing this if needed.

[0065] The allocation approach of the position signal using amplitude information and the position signal by topology is explained using drawing 10. The patterns P , A , and B shown in drawing 10 (a) are patterns already explained by drawing 1 $R > 1$, drawing 3, drawing 4, and drawing 5. The result of having carried out the pattern recovery of A and the B pattern regenerative signal is set to PA and PB to SA , SB , and a phase recovery in the servo signal demodulator circuit shown in drawing 8 or drawing 9 to an amplitude recovery. At this time, P expressed with Q expressed with the following [several 13] and [several 14] becomes the position signal of the amplitude and each phase.

[0066]

[Equation 13] $Q = SA - SB$ [0067]

[Equation 14] $P = PA - PB$ [0068] Each position signal Q and P serves as a wave shown in drawing 10 $R > 0$ (b). Next, standardization signal $Q\#POS$ of Q and P and $P\#POS$ are computed as shown in following [several 15] and [several 16]. w is the weight for making signal level of the amplitude and a phase equivalent among a formula.

[0069]

[Equation 15]

$$Q_POS = \frac{(1+w) \cdot Q}{|Q + w \cdot P|}$$

[0070]

[Equation 16]

$$P_POS = \frac{(1+w) \cdot P}{|Q + w \cdot P|}$$

[0071] Thus, it is a standardization position signal, and $Q\#POS$ and $P\#POS$ which were calculated extract these straight-line fields, and use it for a position signal (part pinched by O of drawing 10 (c) (it is a range display with an arrow head)). A standardization signal may be computed again, as shown in following [several 17] and [several 18]. n is a positive number among a formula.

[0072]

[Equation 17]

$$Q_POS = \frac{\sqrt[n]{1+w^n} \cdot Q}{\sqrt[n]{Q^n + w^n \cdot P^n}}$$

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0073]

[Equation 18]

$$P_POS = \frac{\sqrt[3]{1 + w^n} \cdot P}{\sqrt[4]{Q^n + w^n} \cdot P^n}$$

[0074] Thus, the signal of the amplitude and each phase can be reproduced, it can get over, and a position signal with good linearity can be acquired by using complementary combining it. That is, by restoring to the servo pattern shown in drawing 1 (a) or drawing 1 (c), the servo pattern shown in drawing 4 (a), and the servo pattern shown in drawing 5 in the servo signal demodulator circuit of this invention, and acquiring amplitude information and topology, linearity is good and the position signal excellent in the noise-proof engine performance can be acquired. And if playback wave-amplitude information and topology are used complementary, since the linearity of all fields is securable with the servo pattern which consists of patterns A and B shown in drawing 1 (a) etc., the patterns C and D as shown in drawing 1 (c) are necessarily unnecessary. That is, according to this invention, the monopoly area of a servo pattern can be reduced using the servo pattern which consists of patterns A and B, securing linearity. In other words, it will be possible to make a data area rate increase, and it will contribute to improvement in format effectiveness.

[0075] Drawing 11 explains other examples of this invention. Here, when vibration or an impact joins a magnetic disk drive from the exterior and a jump arises in the tracking of the magnetic head under the effect, how to foreknow it from a servo recovery signal is explained.

[0076] In addition to the patterns P, A, and B explained until now, drawing 11 (a) repeats and records the same pattern A' as A and B, and B'. Position signal generation of the magnetic head is possible by the approach explained until now using P, A, and B pattern. Now, vibration or an impact is added from the exterior of a magnetic disk drive, and suppose that it moved as the locus of the magnetic head showed by the arrow head 111 by the effect. In this case, the amount of location gaps of delta 1 arises between the location 112 which computes a head position from A and B pattern, and the location 113 which computes a head position from A' and B' pattern. Since this amount of location gaps is observed by the position signal to which it restores with A, B pattern, and A' and B' pattern, respectively and the pass time from a location 112 to a location 113 is also known on the other hand, the sense and magnitude of a vector of a locus 111 are calculable.

[0077] Drawing 11 (b) indicates how to acquire the same effectiveness by different pattern arrangement to be drawing 11 (a). The pattern shown in drawing 11 (b) adds the field of R1 and R2 to the patterns P, A, and B explained until now. In addition, A on one truck, R1 and R1, and B and R2 are the same patterns, respectively, and the field of R1 and R2 is the pattern which continued over the truck cross direction. Position signal generation is possible by the approach explained until now using P, A, and B pattern. Especially the position signal by the phase pattern becomes possible [also using P and R1].

[0078] Now, vibration or an impact joins a magnetic disk drive from the exterior, and suppose that it moved as the locus of the magnetic head showed by the arrow head 114 by the effect. In this case, the amount of location gaps of delta 2 arises between the location 115 which computes a head position from P and R1 pattern, and the location 116 which computes a head position from P and R2 pattern. Since this amount of location gaps is observed by the position signal to which it restores with P and R1 pattern and P and R2 pattern, respectively and the pass time from a location 115 to a location 116 is also known on the other hand, the sense and magnitude of a vector of a locus 114 are calculable.

[0079] If the approach explained by drawing 11 (a) or (b) shows the velocity vector of a head travelling direction, before resulting in the following servo sector, a head will become possible [presuming whether it is on a predetermined truck] in a data location. When the impact from the outside and vibration occur during record actuation, such presumption is needed in order to avoid the danger of destroying the data of an adjoining truck. If it is presumed that there is no head location in a data area on a predetermined truck, destruction of data can be beforehand prevented by forbidding record actuation, for example. That is, it contributes to the improvement in dependability of a magnetic disk drive.

[0080] Drawing 12 is drawing explaining the example of further others of this invention. Drawing 12

THIS PAGE BLANK (USPTO)

expresses typically the format configuration of the servo information by this invention, and a data area, the longitudinal direction of drawing is the head transit direction, and the vertical direction is the truck cross direction. As an example of a servo information configuration, there are 123 and the servo marks 124 by this invention explained so far, such as the PLL section 121, the address mark (AM) 122, and a cylinder number, and data 125 are added to it, it becomes 1 servo sector, a servo sector is repeated, and one truck is constituted. The count of a servo sector repeat is about 150 times from 50 times.

[0081] Now, thousands of above-mentioned several 100- trucks are collected, and constitute Zone N. Applying to a periphery from disk inner circumference, the number of a zone is five to about 30. Record frequencies of the pattern in 123, such as the PLL section 121 in each zone, the address mark (AM) 122, and a cylinder number, are fixed at f_0 . On the other hand, it is Zone N, N+1, and N+2.... The record frequencies of the servo mark 124 differ, respectively. each zone N, N+1, and N+2 -- the information about the record frequency of a servo mark 124 which is different in every can respond to the record frequency change for every zone by making it correspond to a cylinder number 123, recording a table which gives the sampling frequency of every zone on ROM etc., and sampling with a predetermined sampling frequency to the cylinder which the magnetic head accesses.

[0082] Desirably, the record frequency of a periphery side zone is high, and its lower one is [the record frequency of an inner circumference side zone] good. Furthermore, it is good desirably to define a record frequency based on the following views. According to the record capacity of a head and a medium, the playback wave of the pattern by which magnetic recording within a field was carried out serves as a solitary wave with wave-like narrow half-value width (PW50 value), when recording density is comparatively low. A wave becomes close to a sinusoidal configuration gradually as a record frequency is raised and recording density becomes high. If wave-like frequency spectrum is seen, as for a solitary wave, in addition to a fundamental-wave component, much harmonic content after second will be observed. On the other hand, at the time of a position signal wave recovery, only the frequency of the fundamental-wave circumference filtering and cutting the component of a high region from the purpose of a high region and low-pass noise reduction, is usually performed. It is the case where selection of the good record frequency of energy efficiency with few cuts of a high-frequency component is desired from this, and about 3 times of half-value width (PW50 value) when the value records a solitary wave become a wave-copy period (inverse number of a record frequency) (IEEE Transaction on Magnetics, 32-5, pp.3899-3901 (1996)). Therefore, it is good to decide the record frequency of each zone so that about 3 times of the half-value width (PW50 value) when recording a solitary wave on each zone may become a wave-copy period (inverse number of a record frequency). According to this approach, it becomes possible to acquire the recovery wave of a servo signal in the condition with the most sufficient energy efficiency, the quality of a position signal can be kept good, and, finally, positioning accuracy will improve. The further above-mentioned view may be applied for every zone and every truck.

[0083] Next, drawing 13 and drawing 14 explain an example of the magnetic disk drive by this invention, and an internal circuitry. Drawing 13 (b) shows the A-A' cross section of (a) for the top view of a magnetic disk drive [in / in drawing 13 (a) / this invention] typically, respectively. The magnetic head 131 is driven with the head actuator 133 containing a voice coil motor (VCM) through the head supporter material 132. On the other hand, a magnetic disk 134 is driven with a spindle motor 136 through the disk spindle 135. The above component part is carried in the base 137, and is sealed with covering 138. Moreover, I/O of record and playback, its control and the point to point control of the magnetic head, power control, data, a control signal, power, etc., etc. is performed in the circuit carried in the circuit board 139.

[0084] Drawing 14 is the functional block diagram which expressed the work inside the above-mentioned circuit typically. Power 1315 is outputted [a controller 1303, address information 1313, and status information 1314 are outputted and inputted by the positioning circuit section 1304, and / the magnetic data information 1311 is begun and input/output control of the control signal 1312, address information 1313 and status information 1314, and power 1315 I/O is carried out by the interface circuitry 1301, and] the magnetic data information 1311 and inputted for record / regenerative-circuit system 1302, and a control signal 1312 by the power controller 1305, respectively. A spindle and each circuit drive with the power supplied from the power controller

THIS PAGE BLANK (USPTO)

1305 (1316 1317), and a head actuator drives using the servo information 1318 from the positioning circuit section 1304. Record/playback information 1319 is exchanged from record / regenerative-circuit section 1302 through the magnetic head 1307 to a magnetic disk 1306. Here, the location by the positioning approach by this invention and the rate information 1320 are changed into the servo information 1318 in the positioning circuit section 1304, and also control information 1321 is sent to a controller and used for control of record / regenerative-circuit section 1302.

[0085]

[Effect of the Invention] According to this invention, the approach and equipment which have been improved more can be offered to the inhibition factor of increments in track density, such as non-linearity of the position signal actualized as the track density of magnetic storage increases, a fall of a signal-to-noise ratio (S/N), and a fall of the oscillating (disturbance vibration) proof stress from the outside, and it can contribute to the increment in storage capacity of magnetic storage.

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

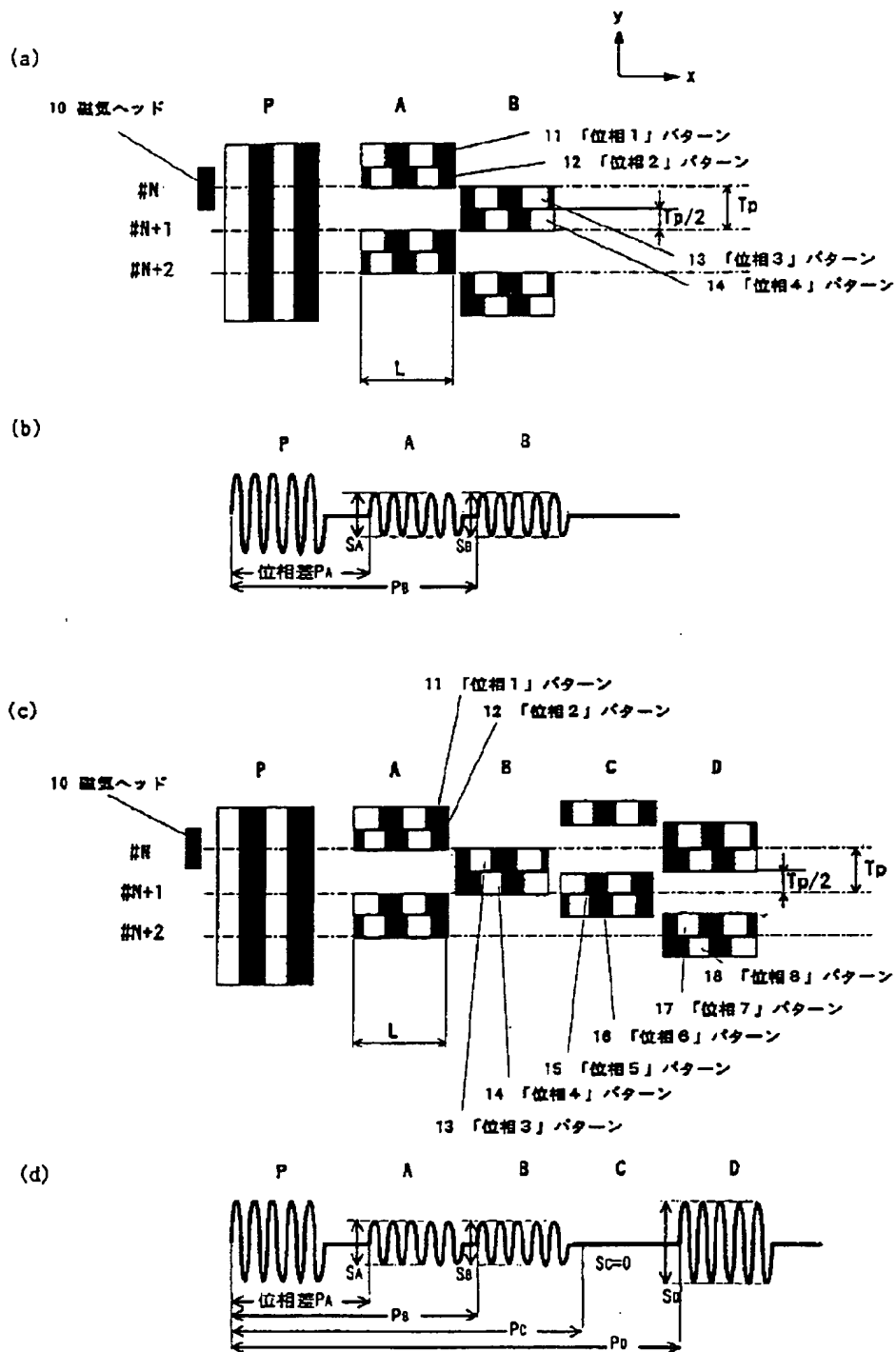
JPO and NCIPi are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

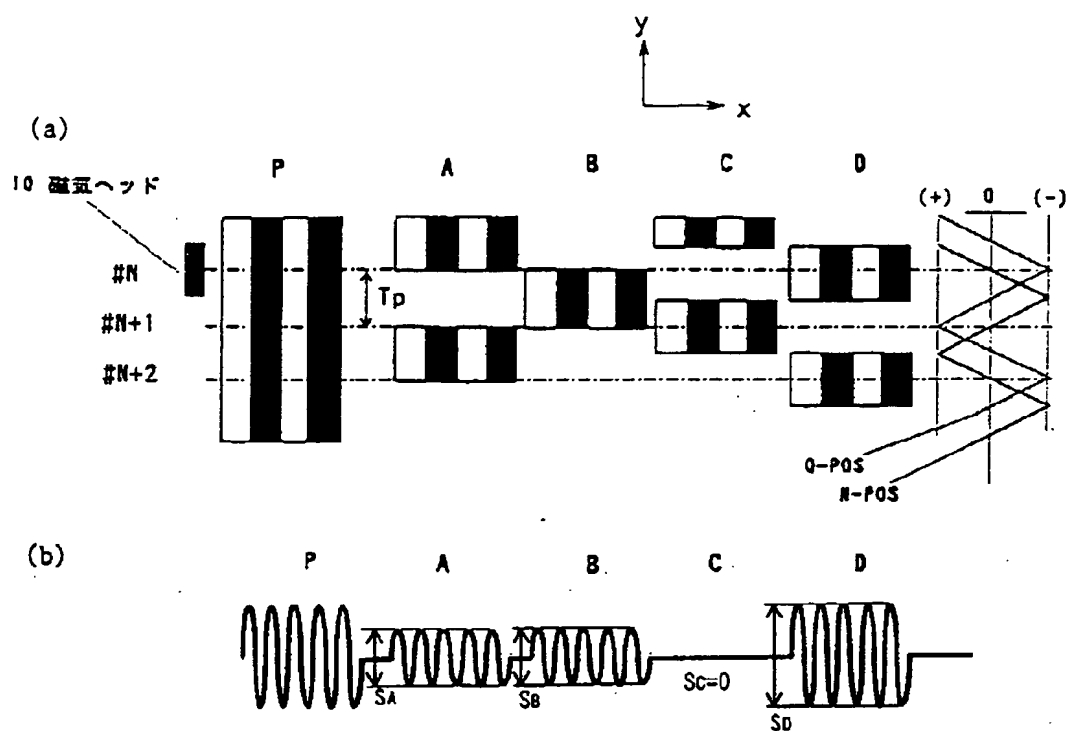
[Drawing 1]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

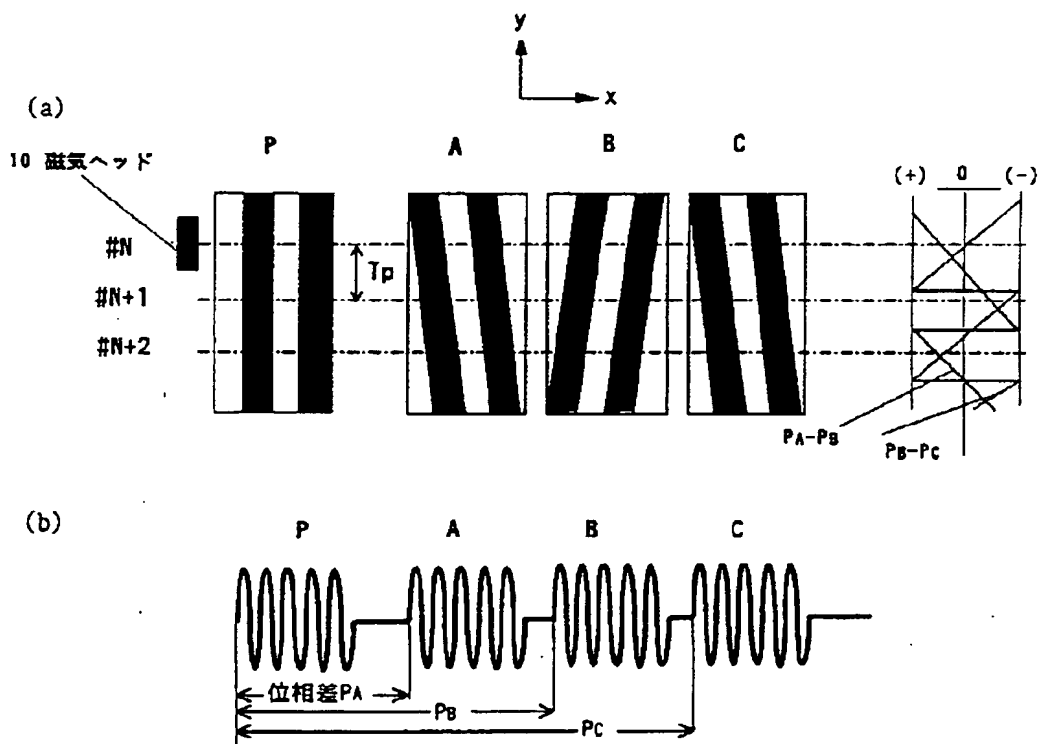


[Drawing 2]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

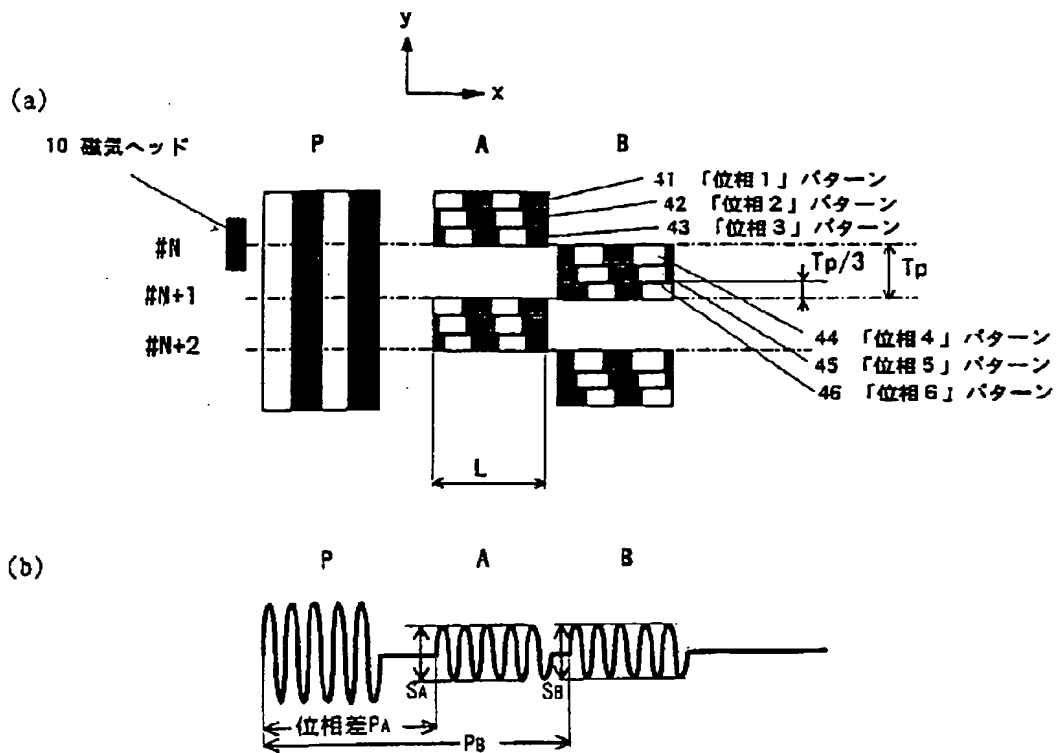


[Drawing 3]

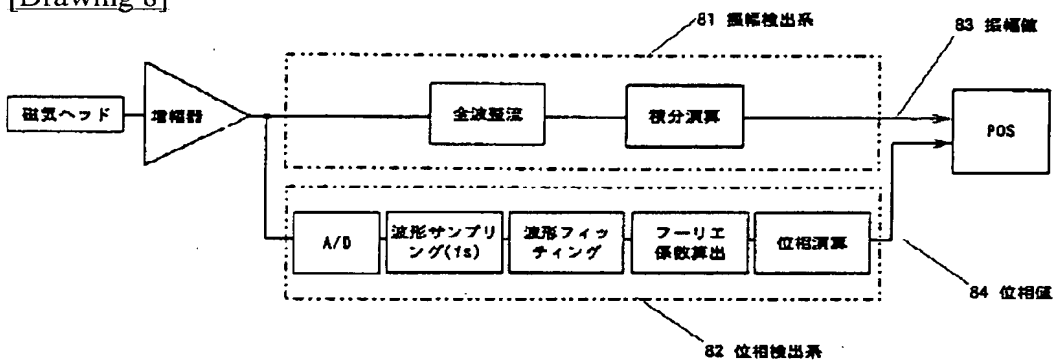


[Drawing 4]

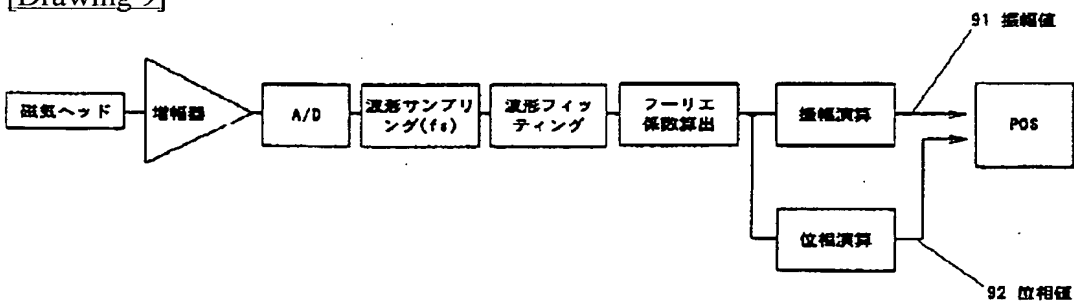
THIS PAGE BLANK (USPTO)



[Drawing 8]

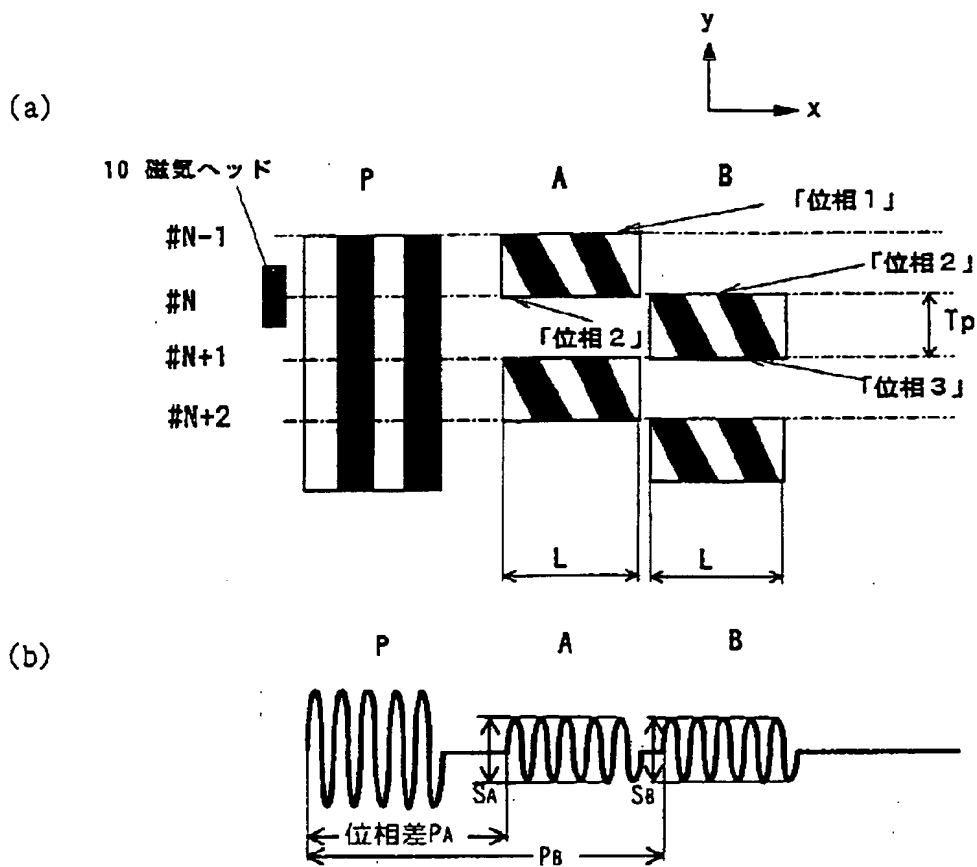


[Drawing 9]

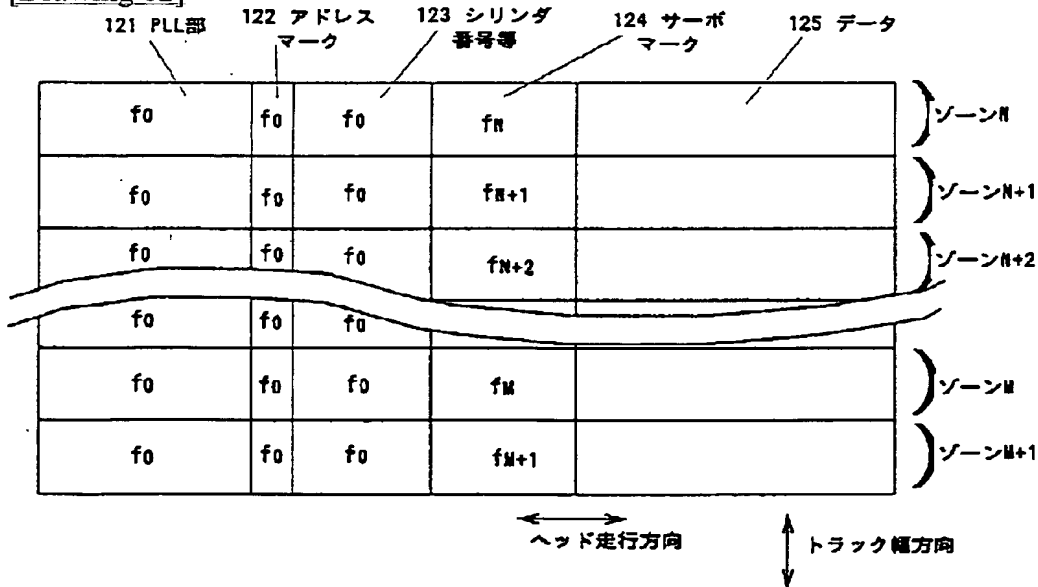


[Drawing 5]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

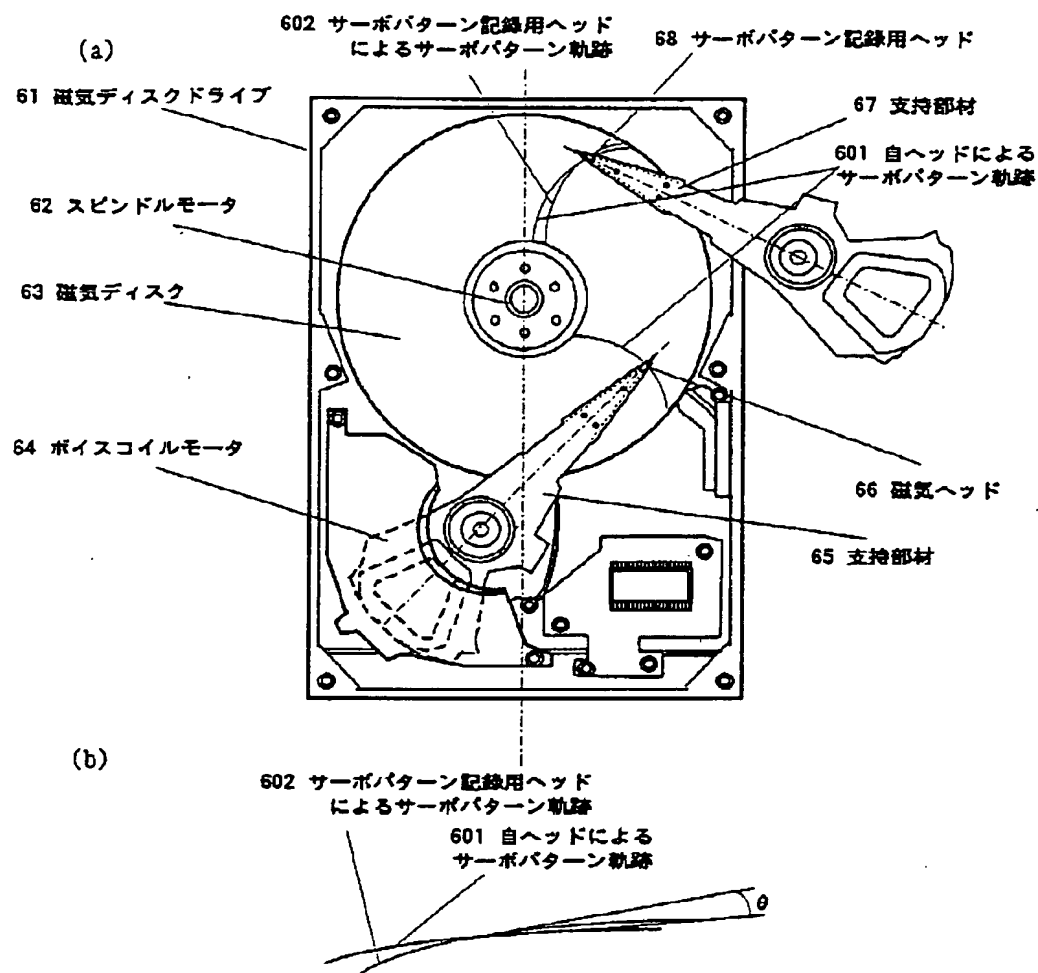


[Drawing 12]



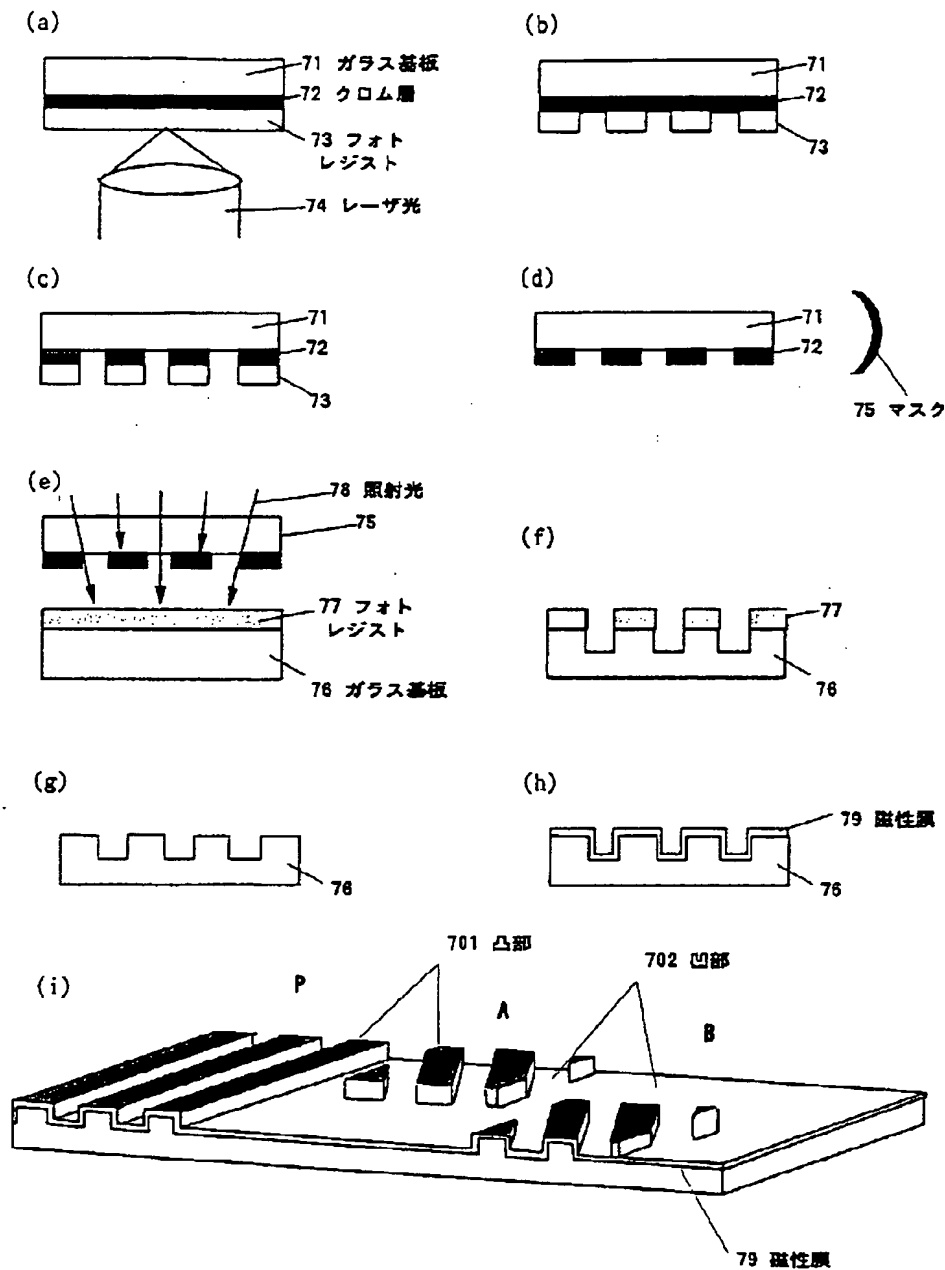
[Drawing 6]

THIS PAGE BLANK (USPTO)



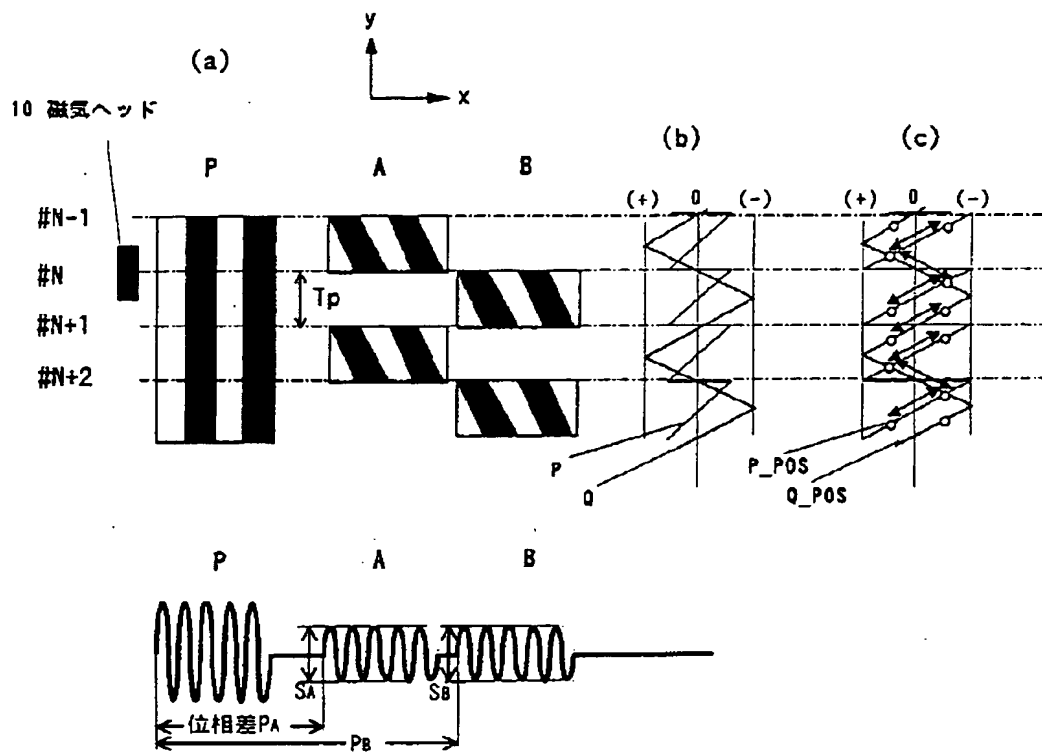
[Drawing 7]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

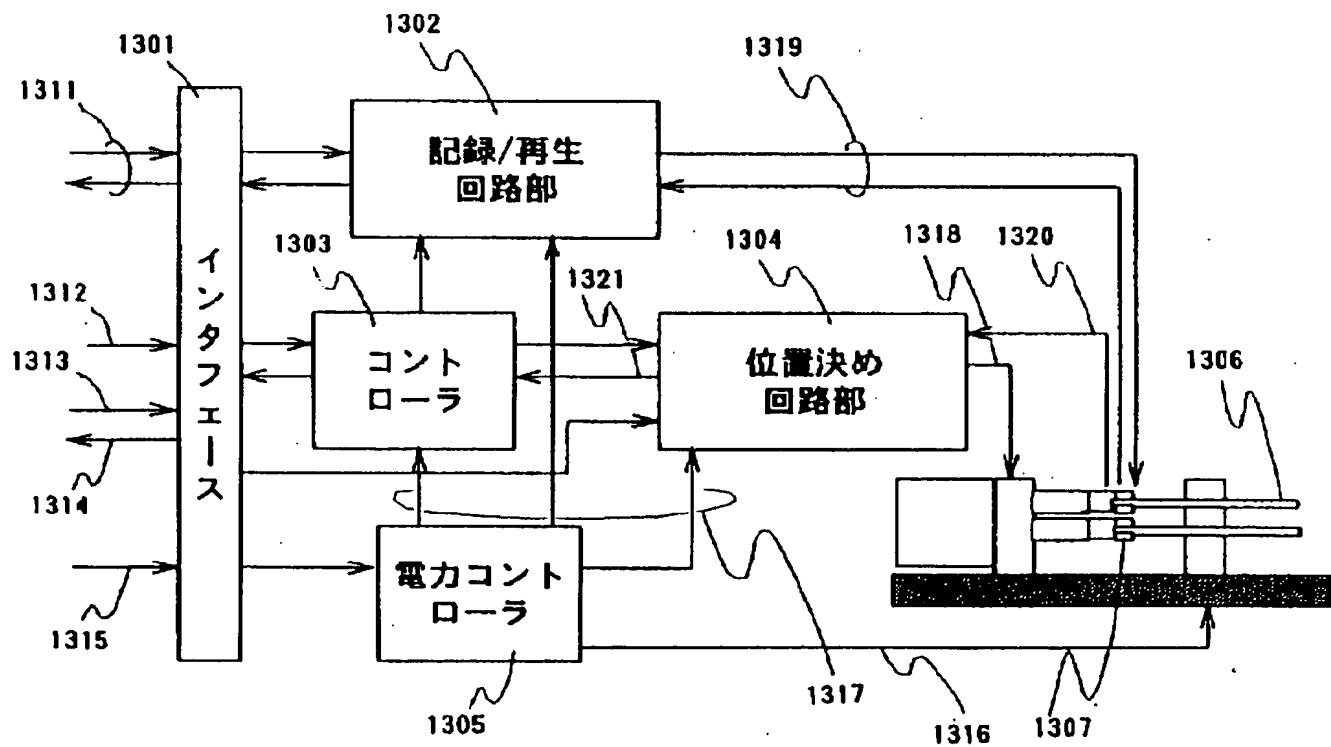


[Drawing 10]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

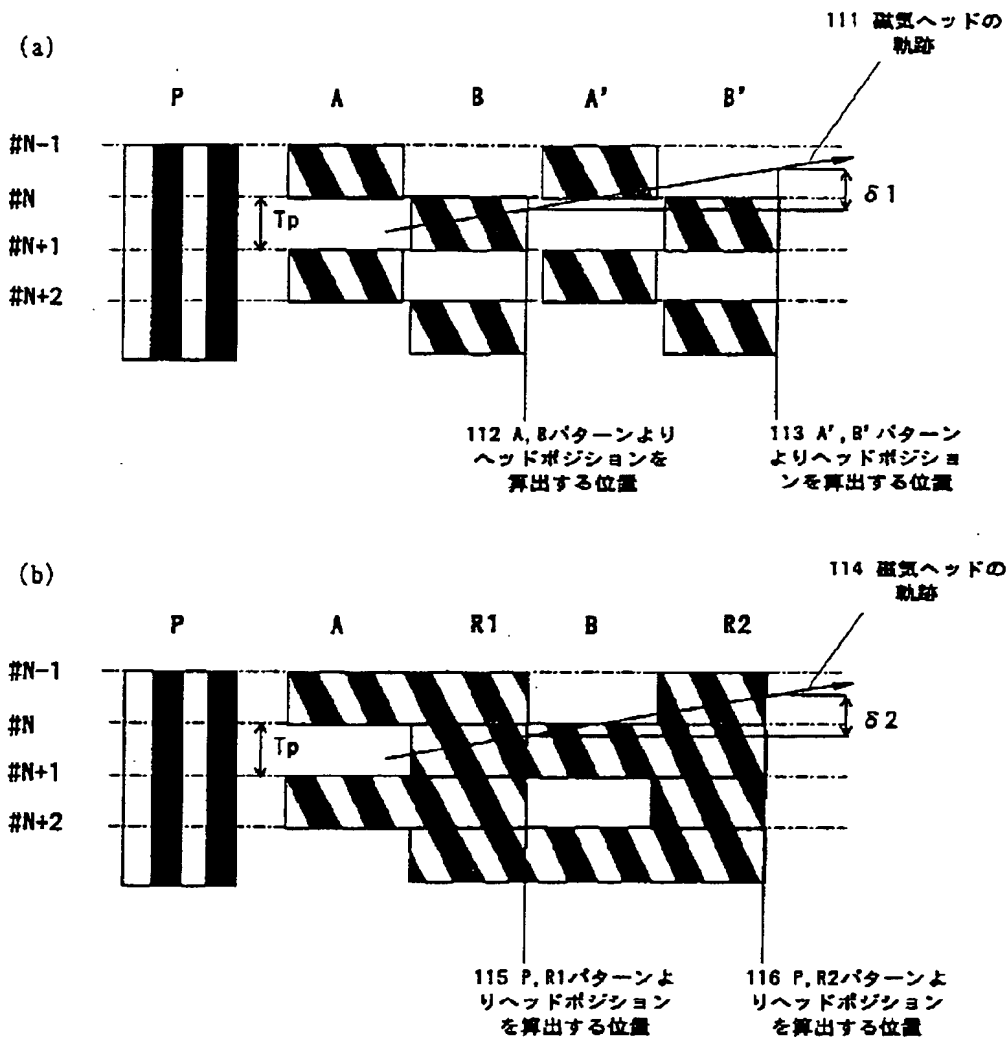


[Drawing 14]



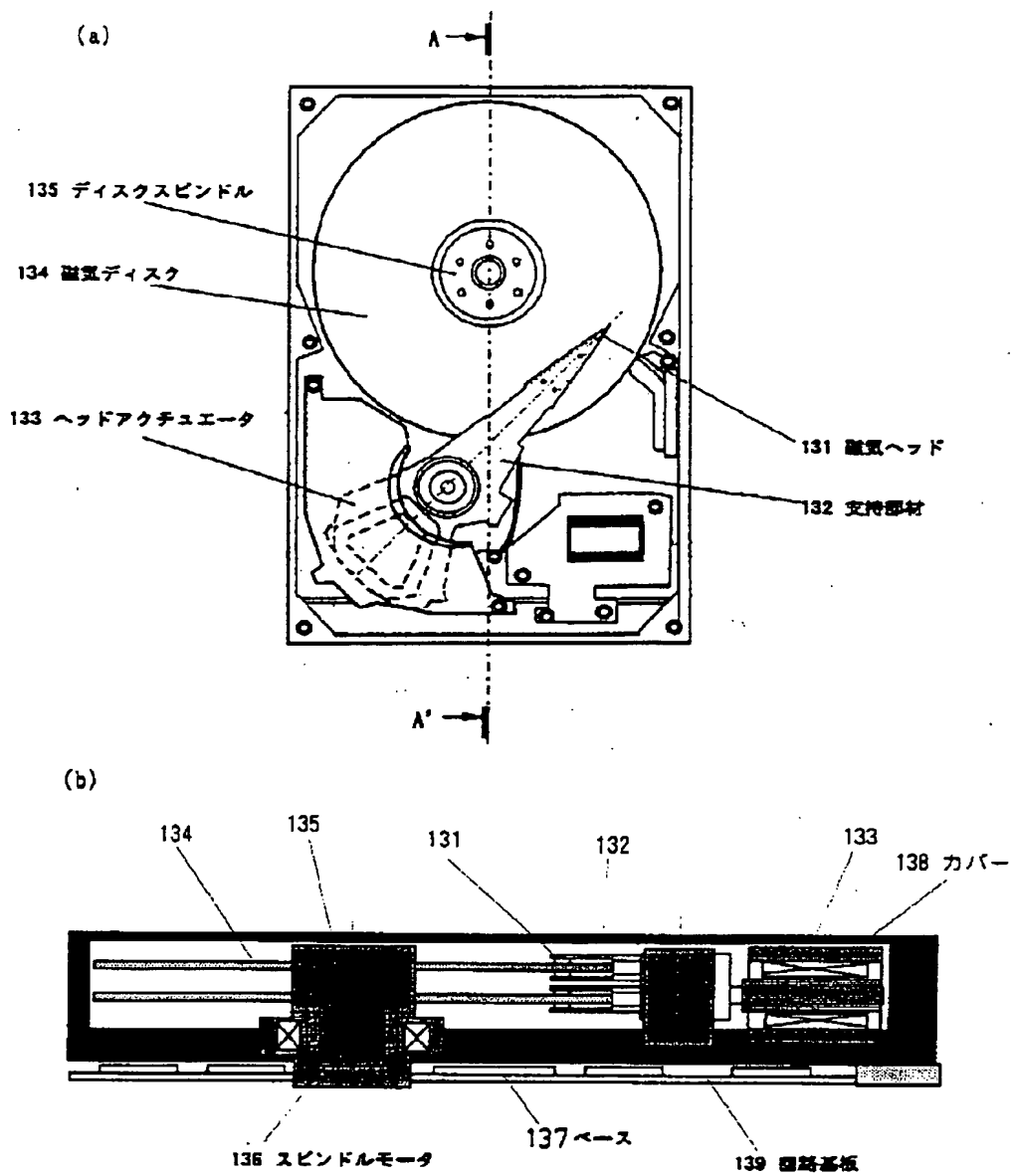
[Drawing 11]

THIS PAGE BLANK (USPTO)



[Drawing 13]

THIS PAGE BLANK (USPTO)



[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-110027
(P2001-110027A)

(43) 公開日 平成13年4月20日 (2001.4.20)

(51) Int.Cl.⁷

G 1 1 B 5/596

識別記号

F I

C 1 1 B 5/596

データ* (参考)

5 D 0 4 2

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号

特願平11-288458

(22) 出願日

平成11年10月8日 (1999.10.8)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 赤城 協

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 瀬尾 洋右

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会

社日立製作所ストレージシステム事業部内

(74) 代理人 100091096

弁理士 平木 祐輔

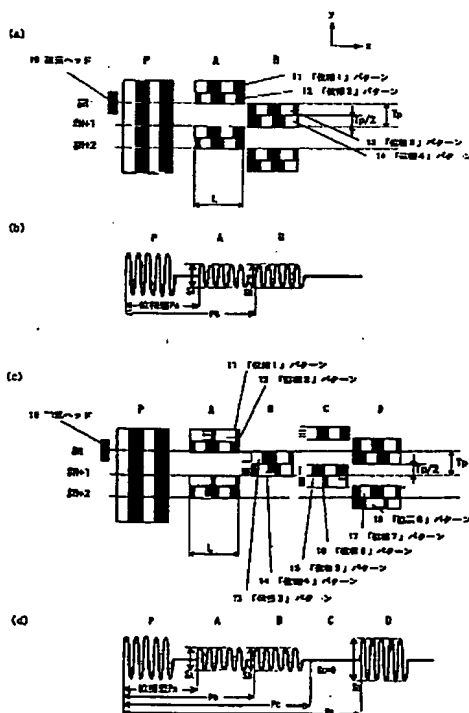
Fターム(参考) 5D042 LA01 MA05

(54) 【発明の名称】 磁気記憶装置

(57) 【要約】

【課題】 トラック密度増加の阻害要因に対して現行方式に比してより改善された方法と装置を提供する。

【解決手段】 サーボパターンをトラック中心線の両側にトラック方向にずらして配置した複数のパターンで構成し、各パターンA、Bはそれぞれ2種類の位相状態のパターン11、12; 13、14をトラック幅方向に並べて構成する。予め保持してある再生信号の周波数情報を基にサーボパターン再生信号波形に略一致する正弦波関数を求めて磁気ヘッド位置信号を復調する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 サーボパターンを有する磁気記録媒体と、前記磁気記録媒体に対して情報の書き込みと読み出しを行う磁気ヘッドと、前記サーボパターンの再生信号から磁気ヘッド位置信号を復調するサーボ信号復調回路とを含む磁気記憶装置において、

前記サーボパターンの再生信号は前記磁気ヘッドのトラック幅方向位置に応じて振幅と位相とが同時に変化する複数の部分信号を含み、前記サーボ信号復調回路は予め保持してある前記再生信号の周波数情報を基に前記複数の部分信号のそれぞれに略一致する正弦波関数を求めて前記磁気ヘッド位置信号を復調することを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項2】 請求項1記載の磁気記憶装置において、前記サーボ復調回路は、各部分信号の振幅は当該部分信号に積分処理を加えることにより求め、位相は前記正弦波関数の位相より求めることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項3】 請求項1記載の磁気記憶装置において、前記サーボ復調回路は、各部分信号の振幅及び位相を前記正弦波関数の振幅と位相より求めることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項4】 請求項1、2又は3記載の磁気記憶装置において、前記サーボ復調回路は、振幅から得られる情報と位相から得られる情報に対して異なる重みをつけて前記磁気ヘッド位置信号を復調することを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項5】 請求項1～4のいずれか1項記載の磁気記憶装置において、トラック方向に所定距離だけ離れた2箇所の磁気ヘッド位置信号を用いて前記磁気ヘッドの速度ベクトルを得ることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項6】 サーボパターンを有する磁気記録媒体と、前記磁気記録媒体に対して情報の書き込みと読み出しを行う磁気ヘッドと、前記サーボパターンの再生信号から磁気ヘッド位置信号を復調するサーボ信号復調回路とを含む磁気記憶装置において、

前記サーボパターンはトラック中心線の両側にトラック方向にずらして配置した複数のパターンを含み、前記複数のパターンはそれぞれ2種類の位相状態のパターンをトラック幅方向に並べて構成されていることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項7】 サーボパターンを有する磁気記録媒体と、前記磁気記録媒体に対して情報の書き込みと読み出しを行う磁気ヘッドと、前記サーボパターンの再生信号から磁気ヘッド位置信号を復調するサーボ信号復調回路とを含む磁気記憶装置において、

前記サーボパターンはトラック中心線の両側にトラック方向にずらして配置した複数のパターンを含み、前記複数のパターンはそれぞれN（Nは3以上の正数）種類の位相状態のパターンをトラック幅方向に並べて構成され

ていることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項8】 サーボパターンを有する磁気記録媒体と、前記磁気記録媒体に対して情報の書き込みと読み出しを行う磁気ヘッドと、前記サーボパターンの再生信号から磁気ヘッド位置信号を復調するサーボ信号復調回路とを含む磁気記憶装置において、

前記サーボパターンは、トラック中心線の両側にトラック方向にずらして配置した複数のパターンを含み、前記複数のパターンはそれぞれトラック方向の位相状態がトラック幅方向に連続的に変化するパターンであることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項9】 サーボパターンを有しトラック幅方向に複数のゾーンに分割された磁気記録媒体と、前記磁気記録媒体に対して情報の書き込みと読み出しを行う磁気ヘッドと、前記サーボパターンの再生信号から磁気ヘッド位置信号を復調するサーボ信号復調回路とを含む磁気記憶装置において、

前記サーボパターンの再生信号は前記磁気ヘッドのトラック幅方向位置に応じて振幅と位相とが同時に変化する複数の部分波形を含み、前記サーボパターン再生信号の周波数は前記ゾーン毎に異なり、前記サーボ信号復調回路は各ゾーン内から読み出した前記サーボパターン再生信号の周波数情報を基に前記複数の部分信号のそれぞれに略一致する正弦波関数を求めて前記磁気ヘッド位置信号を復調することを特徴とする磁気記憶装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記憶装置に係り、特に、磁気ディスクに記録されたサーボパターンの再生信号から磁気ヘッドを位置決めするための情報を取得するフレキシブル型磁気ディスク装置、リジッド型磁気ディスク装置等の磁気記憶装置に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気記憶装置の磁気ヘッドを位置決めするためのサーボパターンは、最も一般的には特公昭47-32012号公報に記載のように、所定のトラック間隔毎にサーボビットが千鳥配置されており、その各々を再生して振幅差を比較することによりトラック幅方向の位置情報を取得し、磁気ヘッドの位置決め（トラッキング）を行うという方法が知られている。

【0003】図2は、従来の「振幅検出サーボ」方式の概略を説明する図である。図2(a)はトラックとサーボパターンの関係を示す図、図2(b)はサーボパターン上を移動する磁気ヘッドから得られる再生信号の一例を示す図である。トラック幅 T_{tr} の磁気ヘッド10をトラック#Nに位置決めする場合を考える。図2(a)に示すように、磁気ヘッド10が図のx方向に進行し、パターンP、A～Dを通過するとき、図2(b)に示すような再生信号を得る。ここで、P、A～Dの各パターンの白い部分と黒い部分はそれぞれ、磁気記録媒体上に記

録されたサーボパターンの磁化の向きが互いに逆であることを表す。すなわち、面内磁気記録であれば、白い部分と黒い部分の磁化の向きは媒体面内にトラック方向（ x 方向）成分を持つ互いに逆方向を向いたベクトルであり、垂直記録であれば、白い部分と黒い部分の磁化の向きは媒体表面に垂直な成分を持つ互いに逆方向を向いたベクトルである。また、図2（a）のパターンは模式図であり、実際には図2（b）の信号周期とは一致する。

【0004】パターンAの再生信号振幅 S_A と、パターンBの再生信号振幅 S_B との差分である $S_A - S_B$ の演算を行い、トラック幅方向 y へ磁気ヘッド10を移動させると、演算結果は図2（a）の右に示したN-POSとなる。同様に、パターンCの再生信号振幅 S_C と、パターンDの再生信号振幅 S_D との差分である $S_C - S_D$ の演算を行い、トラック幅方向 y へ磁気ヘッド10を移動させると、演算結果は図2（a）の右に示したQ-POSとなる。上記で求めたN-POS、Q-POSの信号を位置信号として適宜用いることにより、磁気ヘッド10の現在位置を知ることができる。

【0005】一方、上記とは別のサーボ方式として「位相検出サーボ」なる方式が、たとえば特開昭60-10472号公報に開示されている。図3は、従来の「位相検出サーボ」方式の概略を説明する図である。トラック幅 T_{wr} の磁気ヘッド10をトラック#Nに位置決めする場合を考える。磁気ヘッド10が x 方向に進行し、図3（a）に示すパターンP、A～Cを通過するとき、例えば図3（b）に示すような再生信号を得る。ここで、P、A～Cの各パターンの白い部分と黒い部分の表記法は図2と同様である。パターンは磁気ヘッド10に対してアジマスがついているが、その角度は再生信号の劣化（アジマスロス）が問題とならない程度に小さいので、それぞれの再生信号の形状は図2とほとんど変わらない。但し、パターンPに対する各パターンA、B、Cの位相は、トラック幅方向 y の位置により異なり、ここでは#Nトラックでの位相をそれぞれ P_A 、 P_B 、 P_C とする。ここで、図3（a）のパターンは模式図であり、実際には図3（b）の信号周期とは一致する。

【0006】いま、それぞれの位相の差 $P_B - P_A$ 、 $P_C - P_B$ を計算したとき、トラック幅方向 y におけるこの演算結果は、一例として図3（a）の右に示したものとなる。上記で求めた $P_B - P_A$ 、 $P_C - P_B$ の信号を位置信号として適宜用いることにより、磁気ヘッド10の現在位置を知ることができる。なお、図3（b）の再生信号より位相 P_A 、 P_B 、 P_C を求める方法としては、例えば、特開平6-231552号公報に開示されている方法を用いることができる。

【0007】また、振幅パターンに、波形を歪ませてその波形の一部の時間変化を検出する方法を組み合わせる例が、特開平9-251736号公報に開示されてい

る。このパターンは、従来の振幅パターンの特性に加え、波形の一部は変化せず、別の一部が変化する時間変化特性を含むパターンを記録するものである。このパターンにより、図2のC、Dパターンを省略することができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】磁気記憶装置のトラック密度が増加するに従い、技術的もしくは磁気記憶装置生産上の種々の要因が、トラック密度増加を阻害する要因として顕在化してくる。そのうち、磁気ヘッドのトラック幅や、サーボパターン形状に起因する幾何学的な要因に関しては、位置信号の非線形という形で現れてくる。この中では、トラック幅方向に記録パターンが書き滲んだり、読み滲んだりする効果なども含まれる。また、記録媒体や、再生回路系のノイズに関しては、再生信号に対して相対的に信号対雑音比（ S/N ）の低下として見えてくる。さらに、外部からの振動（外乱振動）に対しては、ヘッド位置決め制御系による追従残差分が、余裕（マージン）として持つ量を越えることでトラック密度の限界に到達する。

【0009】また、振幅パターンに、波形を歪ませてその波形の一部の時間変化を検出する方法を組み合わせる従来例においては、波形を歪ませる結果、基本波や歪ませる前の波形における高調波成分以外に、別の高調波成分が発生するため、復調ノイズが増加する欠点がある。本発明は以上の点に鑑みなされたものであって、上記トラック密度増加の阻害要因に対して現行方式に比してより改善された方法と装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明では、磁気ヘッドを位置決めするためのサーボパターン情報、または位置情報を多重化する。すなわち、サーボパターンの持つ振幅情報、位相情報を同時に取得し、相互に補完させながら有効に使用することで、位置精度の向上を図る。

【0011】位置信号の非線形は、特に振幅検出方式においてサーボパターンの幅と再生ヘッドトラック幅との不整合により発生することが認められている。しかし、非線形の発生しやすい位置は局所的な部分に限られている。これに対して、非線形を生じにくい位相情報を併せて取得しておき、振幅情報と位相情報を補完しながら使用すれば、位置信号の非線形の問題は回避可能となる。

【0012】位置信号ノイズに関しては、上記振幅情報と位相情報を組み合わせて使用することにより、より情報量が充実し信号 S/N の向上に効果が大きい。外乱振動に対しては、位置情報を検出しながら、位相情報からトラック幅方向のヘッドの速度情報をも取得することで、例えば外乱振動が大きいときに記録動作を停止させることが早い段階で可能となる。

【0013】ここで、サーボパターン再生波形から振幅

情報を取得する手段としては、上記信号を全波整流し、次に積分演算を行う方法がある。ここで得られた結果（振幅値）はサーボパターン再生信号の振幅値を反映したものである。別な手段として、サーボパターン再生波形情報を離散的に取り込み、フーリエ多項式で表現し直すことにより得る方法がある。この方法については、以下に詳しく述べる。サーボパターン再生波形から位相情報を取得する手段としては、上記同様サーボパターン再生波形情報を離散的に取り込み、フーリエ多項式で表現し直すことにより得る方法を用いる。以下に、その方法について述べる。

【0014】上記サーボパターン再生波形は、ある決ま

$$p(n) = A_0 + \left[\sum_{m=1}^{\frac{N-1}{2}} \left\{ A_m \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot n \cdot \pi \cdot m}{N}\right) + B_m \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot n \cdot \pi \cdot m}{N}\right) \right\} \right]$$

【0016】ここで、 A_0 、 A_m 、 B_m は、離散化フーリエ係数、 m は離散化フーリエ変換の次数である。上記フーリエ多項式は、離散化フーリエ係数が決まれば、一意に決まる。フーリエ係数は、パターン再生波形のサンプリングデータを $f(n)$ とすると、以下の〔数2〕〔数3〕〔数4〕のように求められる。

【0017】

〔数2〕

$$A_0 = \frac{1}{L \cdot N} \sum_{n=0}^{L \cdot N - 1} f(n)$$

【0018】

〔数3〕

$$A_m = \frac{2}{L \cdot N} \sum_{n=0}^{L \cdot N - 1} f(n) \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot n \cdot \pi \cdot m}{N}\right)$$

【0019】

〔数4〕

$$B_m = \frac{2}{L \cdot N} \sum_{n=0}^{L \cdot N - 1} f(n) \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot n \cdot \pi \cdot m}{N}\right)$$

【0020】最も簡単には、1次（ $m=1$ ）のフーリエ係数 A_1 、 B_1 を求めることで必要な結果を得ることができる。ここで、振幅検出の場合には、振幅値は次の〔数5〕として求められ、位相検出の場合には、基準パターンからの位相差は次の〔数6〕として求められる。

【0021】

〔数5〕

$$\sqrt{(A_1)^2 + (B_1)^2}$$

【0022】

〔数6〕

った波形の数サイクルにわたる繰り返しであり、1サイクル（周期）あたりに離散的に取り込む数（オーバーサンプリング数）を N 、位置信号波形 $p(n)$ の上記繰り返し数を L とする。但し、 n は波形取り込み点の番号である。 $p(n)$ をフーリエ多項式表現で表すと、次の〔数1〕となる。なお、取り込む波形の周波数にあわせて、サンプリング（離散的取り込み）の周波数を決める必要がある。言い換えれば、あらかじめサンプリング周波数という形で、波形の周波数情報を持っている。

【0015】

〔数1〕

$$\arctan\left(\frac{B_1}{A_1}\right)$$

【0023】以上の手法を用いれば、復調した波形からその振幅情報のみならず、位相情報も同時に取得することが可能となる。従来のように波形の一部の情報のみを取得していた方法に比べ、復調情報が増加し、これらを有効に活用する機会が増えることになる。以上から、本発明によるサーボパターン情報、または位置情報の多重化手法により、上記トラック密度増加に起因する種々の問題を解決することが可能となる。

【0024】すなわち、本発明による磁気記憶装置は、サーボパターンを有する磁気記録媒体と、磁気記録媒体に対して情報の書き込みと読み出しを行う磁気ヘッドと、サーボパターンの再生信号から磁気ヘッド位置信号を復調するサーボ信号復調回路とを含む磁気記憶装置において、サーボパターンの再生信号は磁気ヘッドのトラック幅方向位置に応じて振幅と位相とが同時に変化する複数の部分信号を含み、サーボ信号復調回路は予め保持してある再生信号の周波数情報を基に前記複数の部分信号のそれぞれに略一致する正弦波関数を求めて磁気ヘッド位置信号を復調することを特徴とする。

【0025】サーボ復調回路は、各部分信号の振幅は当該部分信号に積分処理を加えることにより求め、位相は前記正弦波関数の位相より求めるものとして求ることができる。あるいは、サーボ復調回路は、各部分信号の振幅及び位相を前記正弦波関数の振幅と位相より求めるものとして求ることができる。サーボ復調回路は、振幅から得られる情報と位相から得られる情報に対して異なる重みをつけて磁気ヘッド位置信号を復調するのが好ましい。

【0026】また、トラック方向に所定距離だけ離れた2箇所の磁気ヘッド位置信号を用いて磁気ヘッドの速度ベクトルを得ることができる。ヘッド進行方向の速度ベクトルがわかれば、次のサーボセクタに至る前までのデ

ータ位置にて、ヘッドが所定のトラック上にあるかどうかを推定することが可能となる。この情報を利用すると、記録動作中に外部からの衝撃や振動が発生し、その結果、トラックの飛びが予想されるときに、記録動作を禁止することにより、隣接トラックのデータの破壊を未然に防止することができる。

【0027】本発明による磁気記憶装置は、また、サーボパターンを有する磁気記録媒体と、磁気記録媒体に対して情報の書き込みと読み出しを行う磁気ヘッドと、サーボパターンの再生信号から磁気ヘッド位置信号を復調するサーボ信号復調回路とを含む磁気記憶装置において、サーボパターンはトラック中心線の両側にトラック方向にずらして配置した複数のパターンを含み、前記複数のパターンはそれぞれ2種類の位相状態のパターンをトラック幅方向に並べて構成されていることを特徴とする。このサーボパターンは、現行のサーボ・トラック・ライターで容易に形成が可能である。パターン記録時間も従来のサーボパターンの場合と同じである。

【0028】本発明による磁気記憶装置は、また、サーボパターンを有する磁気記録媒体と、磁気記録媒体に対して情報の書き込みと読み出しを行う磁気ヘッドと、サーボパターンの再生信号から磁気ヘッド位置信号を復調するサーボ信号復調回路とを含む磁気記憶装置において、サーボパターンはトラック中心線の両側にトラック方向にずらして配置した複数のパターンを含み、前記複数のパターンはそれぞれN（Nは3以上の正数）種類の位相状態のパターンをトラック幅方向に並べて構成されていることを特徴とする。このサーボパターンは、現行のサーボ・トラック・ライターで容易に形成が可能である。

【0029】本発明による磁気記憶装置は、また、サーボパターンを有する磁気記録媒体と、磁気記録媒体に対して情報の書き込みと読み出しを行う磁気ヘッドと、サーボパターンの再生信号から磁気ヘッド位置信号を復調するサーボ信号復調回路とを含む磁気記憶装置において、サーボパターンは、トラック中心線の両側にトラック方向にずらして配置した複数のパターンを含み、前記複数のパターンはそれぞれトラック方向の位相状態がトラック幅方向に連続的に変化するパターンであることを特徴とする。

【0030】本発明による磁気記憶装置は、また、サーボパターンを有しトラック幅方向に複数のゾーンに分割された磁気記録媒体と、磁気記録媒体に対して情報の書き込みと読み出しを行う磁気ヘッドと、サーボパターンの再生信号から磁気ヘッド位置信号を復調するサーボ信号復調回路とを含む磁気記憶装置において、サーボパターンの再生信号は磁気ヘッドのトラック幅方向位置に応じて振幅と位相とが同時に変化する複数の部分波形を含み、サーボパターン再生信号の周波数はゾーン毎に異なり、サーボ信号復調回路は各ゾーン内から読み出したサ

ーボパターン再生信号の周波数情報を基に前記複数の部分信号のそれぞれに略一致する正弦波関数を求めて磁気ヘッド位置信号を復調することを特徴とする。また、サーボパターン再生信号の周波数はゾーン毎でなく、トラック毎に異ならせても良い。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1は、本発明によるサーボパターンの一例とその再生波形例を示す模式図である。サーボパターンを示す図1(a)において、x軸方向は磁気ヘッド10の走行方向、y軸方向は磁気ヘッド10のトラック幅方向である。この例では、少なくともパターンA、Bが図示の如くx軸方向に見て千鳥配置され、y軸方向に同様の繰り返しが記録される。必要に応じて、パターンPがy軸方向に連続的に記録される。

【0032】次に、各パターンの構成について説明する。パターンAは、周波数fでy方向の幅がトラックピッチ T_p の $1/2$ である「位相1」のパターン11と、周波数f、幅 $T_p/2$ 、「位相2」のパターン12をy方向に並べて組み合わせたパターンである。波形は例えばall 1のような周期性を持ったものが記録される。パターン長Lは、少なくとも上記波形の2周期以上が記録されるに足る長さである。トラック#Nの中心線に対してパターンAと千鳥配置されるパターンBは、周波数fでy方向の幅がトラックピッチ T_p の $1/2$ である「位相3」のパターン13と、周波数f、幅 $T_p/2$ 、「位相4」のパターン14をy方向に並べて組み合わせたパターンである。パターンBの波形とパターン長は、パターンAと同様である。パターンPは、周波数fで、上記パターン11～14と同様の波形である。パターンPの位相は、「位相1」～「位相4」のいずれかと一致していても良いし、一致していなくても良い。ここで、上記位相1～4は、等間隔に連続していることが必要である。すなわち、位相1と位相2との位相差、位相2と位相3との位相差、位相3と位相4との位相差、位相4と位相1との位相差は全て等しいことが望ましい。

【0033】図1(b)は、図1(a)に示したパターンのトラック#N上を磁気ヘッド10が移動したとき、磁気ヘッド10から再生される再生波形の例を示している。パターンP、A、Bの再生波形は、理想的な状態ではいずれも波形歪みのない正弦波形となる。位相差 P_A 、 P_B は、パターンA再生波形及びパターンB再生波形のパターンP再生波形からの位相差であるが、パターンA再生波形とパターンB再生波形間の位相情報は $P_A - P_B$ のように差をとることでも取得できる、すなわちパターンPを介さずに直接、パターンA再生波形に対するパターンB再生波形の位相ずれとしても取得できるので、その場合にはパターンPは不要となる。但し、この場合、上記位相1と位相2の位相間隔と、位相3と位相4の位相間隔を変える等の工夫が必要となる。

【0034】さらに、図1(a)に示したサーボパターンの発展型として、図1(c)に示すように、パターンA、Bの他に、図2の場合と同様の位置にパターンC、Dを配置しても良い。この場合、パターンCを構成するパターン15、16の位相は、それぞれ「位相5」「位相6」である。同様に、パターンDを構成するパターン17、18の位相は、それぞれ「位相7」「位相8」である。「位相5」「位相6」「位相7」「位相8」は、それぞれ「位相1」「位相2」「位相3」「位相4」に一致しても良いし、一致しなくても良い。

【0035】図1(d)は、図1(c)に示したパターンのトラック#N上を磁気ヘッド10が移動したとき、磁気ヘッド10から再生される再生波形例である。パターンP、A、B、C、Dの再生波形は、理想的な状態ではいずれも波形歪みのない正弦波形となる。位相差 P_A 、 P_B 、……は、パターンA、B、……再生波形のパターンP再生波形からの位相差であるが、各パターン再生波形間の位相情報は $P_A - P_B$ のように差をとることでも取得できる、すなわちパターンPを介さずに直接、2つのパターン再生波形の位相ずれとしても取得できるので、その場合にはパターンPは不要となる。但し、この場合上記位相1～4の位相間隔と、位相5～8の位相間隔を変える等の工夫が必要となる。

【0036】図4は、本発明によるサーボパターンの他の例とその再生波形の一例を示す模式図である。図4(a)はサーボパターンを示し、そのx軸方向は磁気ヘッド10の走行方向、y軸方向は磁気ヘッド10のトラック幅方向である。この例では、少なくともパターンA、Bが図示の如くx軸方向に見て千鳥配置され、y軸方向に同様の繰り返しが記録される。必要に応じて、パターンPがy軸方向に連続的に記録される。

【0037】パターンAは、周波数 f でy方向の幅がトラックピッチ T_p の $1/3$ である「位相1」のパターン41と、周波数 f 、幅 $T_p/3$ 、「位相2」のパターン42と、周波数 f 、幅 $T_p/3$ 、「位相3」のパターン43をy方向に並べて組み合わせたパターンである。波形は例えばall 1のような周期性を持ったものが記録される。パターン長 L は、少なくとも上記波形の2周期以上が記録されるに足る長さである。トラック#Nの中心線に対してパターンAと千鳥配置されるパターンBは、周波数 f でy方向の幅がトラックピッチ T_p の $1/3$ である「位相4」のパターン44と、周波数 f 、幅 $T_p/3$ 、「位相5」のパターン45と、周波数 f 、幅 $T_p/3$ 、「位相6」のパターン46をy方向に並べて組み合わせたパターンである。パターンBの波形とパターン長はパターンAと同様である。パターンPは、周波数 f で、上記パターン41～46と同様の波形である。パターンPの位相は「位相1」～「位相6」のいずれかと一致していても良いし、一致していなくても良い。ここで、上記位相1～6は、等間隔に連続していることが必

要である。すなわち、位相1と位相2との位相差、位相2と位相3との位相差、位相3と位相4との位相差、位相4と位相5との位相差、位相5と位相6との位相差、位相6と位相1との位相差は全て等しいことが必要である。

【0038】図4(b)は、図4(a)に示したパターンのトラック#N上を磁気ヘッド10が移動したとき、磁気ヘッド10から再生される再生波形の例を示している。パターンP、A、Bの再生波形は、理想的な状態ではいずれも波形歪みのない正弦波形となる。位相差 P_A 、 P_B は、パターンA再生波形及びパターンB再生波形のパターンP再生波形に対する位相差であるが、パターンA再生波形とパターンB再生波形間の位相情報は $P_A - P_B$ のように差をとることでも取得できる、すなわちパターンPを介さずに直接、パターンA再生波形に対するパターンB再生波形の位相ずれとしても取得できるので、その場合にはパターンPは不要となる。但し、この場合上記位相1と位相2、位相3の位相間隔と、位相4と位相5、位相6の位相間隔を変える等の工夫が必要となる。

【0039】さらに、このサーボパターンの発展型として、図1に示したように、パターンA、Bのx方向後方にパターンC、Dを付加しても良い。図4に示したサーボパターンは、図1に示したサーボパターンが一つのサーボパターンをトラック幅方向(y方向)に2分割したものであるのに対して、3分割したものと言うことができる。この考え方で、一つのサーボパターンをトラック幅方向yにN分割したもの(Nは自然数)が考えられる。なお、Nが十分大きな数になった場合には、次に図5にて説明するサーボパターンとほとんど等価となる。

【0040】図5は、本発明によるサーボパターンの他の例とその再生波形の一例を示す模式図である。図5(a)はサーボパターンを示し、そのx軸方向は磁気ヘッド10の走行方向、y軸方向は磁気ヘッド10のトラック幅方向である。この例では、少なくともパターンA、Bが図示の如くx軸方向に見て千鳥配置され、y軸方向に同様の繰り返しが記録される。必要に応じて、パターンPがy軸方向に連続的に記録される。

【0041】パターンAは、周波数 f で、例えば#N-1トラック位置で「位相1」の状態、#Nトラック位置で「位相2」の状態と、y方向位置に応じて位相が連続的に変化するパターンである。y方向のパターン幅はトラックピッチ T_p と等しい。パターン長 L は、少なくとも上記波形の2周期以上が記録されるに足る長さである。トラック#Nの中心線に対してパターンAと千鳥配置されるパターンBは、周波数 f で、例えば#Nトラック位置で「位相2」の状態、#N+1トラック位置で「位相3」の状態と、y方向位置に応じて位相が連続的に変化するパターンである。y方向のパターン幅はトラックピッチ T_p と等しく、パターン長 L は、少なくとも

上記波形の2周期以上が記録されるに足る長さである。パターンPは、周波数 f で、上記パターンA、Bと同様の正弦波波形である。パターンPの位相は上記「位相1」～「位相3」のいずれかと一致していても良いし、一致していなくても良い。ここで、上記位相1～3は、等間隔に連続していることが必要である。すなわち、パターンAでは位相は1から2の状態へ一定に変化し、パターンBでは位相は2から3の状態へ一定に変化する。

【0042】図5(b)は、図5(a)に示したパターンのトラック#N上を磁気ヘッド10が移動したとき、磁気ヘッド10から再生される再生波形の例を示している。パターンP、A、Bの再生波形は、理想的な状態ではいずれも波形歪みのない正弦波となる。位相差 P_A 、 P_B は、パターンA再生波形及びパターンB再生波形のパターンP再生波形に対する位相差であるが、パターンA再生波形とパターンB再生波形間の位相情報は $P_A - P_B$ のように差をとることで取得できる、すなわちパターンPを介さずに直接、パターンA再生波形に対するパターンB再生波形の位相ずれとしても取得できるので、その場合にはパターンPは不要となる。但し、この場合パターンAの位相1から位相2への位相間隔と、パターンBの位相2から位相3への位相間隔を変える等の工夫が必要となる。

【0043】さらに、図5(a)に示したサーボパターンの発展型として、図1(d)に示したように、パターンA、Bのx方向後方にパターンA、Bに類似したパターンC、Dを配置しても良い。図6は、図5(a)に示したサーボパターンを記録する方法の一例を説明する図である。図6(a)は、磁気ディスクドライブの平面図である。また、図6(b)は、磁気ディスクドライブに備わっている自ヘッドによって記録したサーボパターンの軌跡と、サーボパターン記録用の専用ヘッドによって記録したサーボパターンの軌跡を説明する図である。

【0044】磁気ディスクドライブ61は、スピンドルモータ62により回転駆動する磁気ディスク63と、ボイスコイルモータ(VCM)64により支持部材65を介して駆動される磁気ヘッド66によって構成される。一般的には、自ヘッドによるサーボパターン軌跡601は磁気ヘッド66にて図示の如く円弧状に記録される。サーボ記録の際の測長方法やヘッド送り方法には種々あり、特に図示しないが、例えばヘッド支持部材65の一部にレーザ光を照射してその絶対位置を測長しながらヘッド66を駆動していく方法がある。

【0045】図5(a)に示したサーボパターンの記録に当たっては、この自ドライブのヘッド66の他に、サーボパターン記録用の専用ヘッド68を用いる。サーボパターン記録用ヘッド68は支持部材67に支持され、その記録ヘッドの軌跡602が自ヘッド66によるサーボパターン記録の軌跡に対して角度 θ を持つような位置に配置される(図6(b))。ヘッド66とヘッド68

とは同期をとりながら、例えば図5(a)に示したパターンPはヘッド66で記録し、パターンA、Bはヘッド68で記録することにより、所望のパターンを記録する。

【0046】図7は、本発明によるサーボパターンを形成する方法の他の例を説明する図である。ここに説明するサーボパターン形成方法は、これまで説明したようにサーボパターンを磁気ヘッドにより磁気記録的に形成する方法と異なり、リソグラフィーの技術を用いて形成するものであり、図7(a)～(h)に作成プロセスを磁気ディスクの断面図によって模式的に示し、図7(i)にこのプロセスを経て最終的に得られたサーボパターンの斜視図を示した。この方法は、図1、図4、図5に示したサーボパターンのいずれに対しても適用することができる。

【0047】図7(a)～(d)にて、まず磁気ディスクにサーボパターンを転写するためのマスクを形成する。図7(a)に示すように、ガラス基板71にクロム層72、フォトレジスト73をそれぞれ順に塗布したマスク基板のフォトレジスト73側より、所望のサーボパターン形状にレーザ光74にてレーザカットを行う。この工程は、コンパクトディスク等のスタンプをカッティング作成するためのカッティング装置を用いて行うことができる。次に、図7(b)に示すように、これを現像し、クロムエッチングを行う。すると、図7(b)の工程現像されてフォトレジスト73の無くなった部分が図7(c)に示すようにエッチングされることになる。最終的にフォトレジスト73を、除去剤を用いて除去することにより、図7(d)に示した所望のマスク75を得る。

【0048】次に、図7(e)～(h)に、上記マスク75を用いて基板にサーボパターンを転写し、サーボパターン付きの磁気ディスクを作成するプロセスを示す。図7(e)に示したガラス基板76は磁気ディスクの基板材料となるものであり、その上にフォトレジスト77が塗布してある。これに、上記マスク75を介して照射光78を照射し、マスク75のパターンをフォトレジスト77に転写する。これを現像し、さらに反応性イオンエッチングにてエッチングすると、図7(f)に示すように、ガラス基板76の表面にマスクパターンを反映した凹凸形状が形成される。これを図7(g)のようにレジスト除去し、磁性膜79をスパッタリングして、図7(h)に示した磁気ディスクを得た。

【0049】図7(i)にて、パターンP、A、Bの平面形態(上面より見た形態)は図5(a)に示したものと同等である。しかし、図7(i)にて示す斜視図では、図5(a)のパターンの黒い部分が凸部701として形成され、図5(a)のパターンの白い部分が凹部702として形成されている。このような断面形状を有する磁気ディスクの場合、例えばディスク表面に沿って一

方向に磁界をかけると、凹凸の角部より空間磁界を出すように磁化され、図5(a)に示した磁化パターンと同様にサーボパターンとして機能する。

【0050】図7ではマスク形成プロセスを説明したが、コンパクトディスクのようなスタンプを形成して、射出成形のプロセスによりディスク基板を作ること、同様な磁気ディスクを作成することも可能である。また、図7(e)では投影露光の説明図となっているが、マスクとディスク基板とを密着させる密着露光としてもよい。さらに、図7(a)では、カッティングにレーザ光を用いているが、パターン微細化の観点から、電子ビーム等の短波長ビームを用いてもよい。また、ここではマスクを介して磁気ディスクにパターンを転写するプロセスを示したが、磁気ディスクにレジスト等を塗布し、直接レーザカッティングを行うことも可能である。

【0051】図8は、サーボパターン再生信号を復調して磁気ヘッドの位置信号を取得するサーボ信号復調回路の一例を示すブロック図である。磁気ヘッドにて再生されたサーボパターン再生信号は、増幅器を経て、一つは振幅検出系81へ、もう一つは位相検出系82へ送られる。振幅検出系81では上記信号を全波整流し、次に積分演算を行う。ここで得られた結果83(振幅値)はサーボパターン再生信号の振幅値を反映したものである。ここで、振幅検出系81に入れる再生信号は、A/D後

$$p(n) = A_0 + \left[\sum_{m=1}^3 \left\{ A_m \cdot \cos\left(\frac{n \cdot \pi \cdot m}{4}\right) + B_m \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi \cdot m}{4}\right) \right\} \right]$$

【0055】ここで、 A_0 、 A_m 、 B_m は離散化フーリエ係数、 m は離散化フーリエ変換の次数である。上記フーリエ多項式は、離散化フーリエ係数が決まれば、一意に決まることがわかる。フーリエ係数 A_0 、 A_m 、 B_m は、パターン再生波形のサンプリングデータを $f(n)$ とすると、〔数8〕〔数9〕〔数10〕のように求められる。

【0056】

〔数8〕

$$A_0 = \frac{1}{80} \sum_{n=0}^{79} f(n)$$

【0057】

〔数9〕

$$A_m = \frac{1}{40} \sum_{n=0}^{79} f(n) \cdot \cos\left(\frac{n \cdot \pi \cdot m}{4}\right)$$

【0058】

〔数10〕

$$B_m = \frac{1}{40} \sum_{n=0}^{79} f(n) \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi \cdot m}{4}\right)$$

【0059】最も簡単には、1次($m=1$)のフーリエ

のデジタル信号でも良く、この場合は全波整流を介さずデジタル積分演算を行えばよい。

【0052】位相検出系82では、A/D変換の後、波形サンプリング、波形フィッティングを行い、フーリエ係数を算出、それをもとに波形の位相値を演算することで、位相値84を得る。具体的には、上記再生信号の一波長に対して例えば8倍のオーバーサンプリングにより波形を取り込む。この際、取り込む波形の周波数にあわせて、サンプリング周波数 f_s を決めておく必要がある。言い換えれば、サーボ信号復調回路は、予めサンプリング周波数 f_s という形で波形の周波数情報を持っている。ここで、離散化フーリエ級数により波形フィッティングを行い、フーリエ係数を算出する。得られたフーリエ係数より位相値演算を行い、波形の位相値84を結果として得る。位相検出系での演算について、以下に詳細を述べる。

【0053】1サイクル(周期)あたりに離散的に取り込む数(オーバーサンプル数)を8、位置信号波形 $p(n)$ の上記繰り返し数を10とする。但し、 n は波形取り込み点の番号である。 $p(n)$ をフーリエ多項式表現で表すと、次の〔数7〕となる。

【0054】

〔数7〕

係数 A_1 、 B_1 を求めることで必要な情報を得ることができる。位相検出の場合には、基準パターンからの位相差は、次の〔数11〕として求められる。

【0060】

〔数11〕

$$\arctan\left(\frac{B_1}{A_1}\right)$$

【0061】図9は、サーボパターン再生信号を復調して磁気ヘッドの位置信号を取得するサーボ信号復調回路の他の例を示すブロック図である。磁気ヘッドにて再生されたサーボパターン再生信号は、増幅器、A/D変換器を経て、その一波長に対して例えば8倍のオーバーサンプリングにより波形を取り込む。この際、取り込む波形の周波数にあわせて、サンプリング周波数 f_s を決めておく必要がある。言い換えれば、サーボ信号復調回路は、予めサンプリング周波数 f_s という形で波形の周波数情報を持っている。ここで、離散化フーリエ級数により波形フィッティングを行い、フーリエ係数を算出する。

【0062】得られたフーリエ係数より波形の振幅値演算、及び位相値演算を行い、それぞれ振幅値91、及び位相値92を結果として得る。具体的には、前記〔数

7) から〔数10〕までの演算の流れに従い、フーリエ係数を求める。最も簡単には、1次 ($m=1$) のフーリエ係数 A_1 、 B_1 を求めることで必要な結果を得ることができる。ここで、振幅検出の場合には、振幅値91は〔数12〕のように計算し、位相検出の場合には、基準パターンからの位相差92は〔数11〕のように計算して、それぞれ求めることができる。

【0063】

〔数12〕

$$\sqrt{(A_1)^2 + (B_1)^2}$$

【0064】図8に示したサーボ信号復調回路から出力される振幅値83と位相値84、図9に示したサーボ信号復調回路から出力される振幅値91と位相値92は、それぞれ磁気ヘッドの位置信号 (POS) を表している。これを必要に応じて配分することにより、線形な一つの位置信号を得る。

【0065】振幅情報による位置信号と位相情報による位置信号の配分方法について、図10を用いて説明する。図10(a)に示したパターンP、A、Bは、図1、図3、図4、図5で既に説明しているパターンである。図8あるいは図9に示したサーボ信号復調回路にてA、Bパターン再生信号をパターン復調した結果を、振幅復調に対しては S_A 、 S_B 、位相復調に対しては P_A 、 P_B とする。このとき、次の〔数13〕で表されるQ及び〔数14〕で表されるPが、振幅、位相それぞれのポジション信号となる。

【0066】

〔数13〕 $Q = S_A - S_B$

【0067】

〔数14〕 $P = P_A - P_B$

【0068】それぞれのポジション信号Q、Pは、図10(b)に示した波形となる。次に、Q、Pの規格化信号Q#POS、P#POSを以下の〔数15〕〔数16〕のように算出する。式中、wは振幅と位相との信号レベルを同等とするための重みである。

【0069】

〔数15〕

$$Q_POS = \frac{(1+w) \cdot Q}{|Q+w \cdot P|}$$

【0070】

〔数16〕

$$P_POS = \frac{(1+w) \cdot P}{|Q+w \cdot P|}$$

【0071】このようにして求めたQ#POS、P#POSが規格化位置信号であり、これらの直線領域を抜き出して位置信号に使用する(図10(c)の○で挟まれた部分(矢印で範囲表示))。規格化信号は、また、以下の〔数17〕〔数18〕のように算出しても良い。式中、nは正数である。

【0072】

〔数17〕

$$Q_POS = \frac{\sqrt[n]{1+w^n} \cdot Q}{\sqrt[n]{Q^n + w^n \cdot P^n}}$$

【0073】

〔数18〕

$$P_POS = \frac{\sqrt[n]{1+w^n} \cdot P}{\sqrt[n]{Q^n + w^n \cdot P^n}}$$

【0074】このように振幅と位相それぞれの信号を再生、復調し、それを組み合わせて相補的に用いることで、線形性の良好なポジション信号を得ることができる。すなわち、図1(a)あるいは図1(c)に示したサーボパターン、図4(a)に示したサーボパターン、図5に示したサーボパターンを本発明のサーボ信号復調回路で復調し、振幅情報と位相情報を取得することにより、線形性の良い、かつ耐ノイズ性能に優れた位置信号を得ることができる。そして、再生波形の振幅情報と位相情報を相補的に利用すると、図1(a)等 に示したパターンA、Bからなるサーボパターンで全領域の線形性が確保できるので、図1(c)に示すようなパターンC、Dは必ずしも必要ない。つまり、本発明によると、パターンA、Bからなるサーボパターンを用いて、線形性を確保しながらサーボパターンの専有面積を低減できる。言い換えれば、データ領域割合を増加させることが可能であり、フォーマット効率の向上に寄与することになる。

【0075】図11により、本発明の他の例を説明する。ここでは、磁気ディスク装置に外部より振動もしくは衝撃が加わり、その影響で磁気ヘッドのトラッキングに飛びが生じるような場合、サーボ復調信号からそれを予知する方法について説明する。

【0076】図11(a)は、これまで説明したパターンP、A、Bに加え、A、Bと同じパターンA'、B'を繰り返し記録したものである。磁気ヘッドのポジション信号生成は、P、A、Bパターンを用いてこれまで説明した方法にて可能である。いま、磁気ディスク装置の外部より振動もしくは衝撃が加わり、その影響で磁気ヘッドの軌跡が矢印111で示すように動いたとする。この場合、A、Bパターンよりヘッドポジションを算出する位置112と、A'、B'パターンよりヘッドポジションを算出する位置113との間でδ1の位置ずれ量が生じる。この位置ずれ量はA、BパターンとA'、B'パターンによりそれぞれ復調されるポジション信号にて観測されており、一方、位置112から位置113までの通過時間もわかっているため、軌跡111のベクトルの向きと大きさを計算することができる。

【0077】図11(b)は、図11(a)とは異なるパターン配置にて、同様の効果を得る方法を示したもの

である。図11(b)に示したパターンは、これまで説明したパターンP、A、Bに、R1、R2の領域を加えたものである。なお、一つのトラック上のAとR1、R1とBとR2はそれぞれ同一パターンであり、また、R1、R2の領域は、トラック幅方向にわたって連続したパターンである。ポジション信号生成は、P、A、Bパターンを用いてこれまで説明した方法にて可能である。特に、位相パターンによるポジション信号は、P、R1を用いることでも可能となる。

【0078】いま、磁気ディスク装置に外部より振動もしくは衝撃が加わり、その影響で磁気ヘッドの軌跡が矢印114で示すように動いたとする。この場合、P、R1パターンよりヘッドポジションを算出する位置115と、P、R2パターンよりヘッドポジションを算出する位置116との間で $\delta 2$ の位置ずれ量が生じる。この位置ずれ量はP、R1パターンとP、R2パターンによりそれぞれ復調されるポジション信号にて観測されており、一方、位置115から位置116までの通過時間もわかっているため、軌跡114のベクトルの向きと大きさを計算することができる。

【0079】図11(a)あるいは(b)にて説明した方法によりヘッド進行方向の速度ベクトルがわかれば、次のサーボセクタに至る前までのデータ位置にて、ヘッドが所定のトラック上にあるかどうかを推定することが可能となる。このような推定は、外部からの衝撃や振動が記録動作中に発生した場合に、隣接トラックのデータを破壊してしまう危険性を回避するために必要となる。データ領域でのヘッド位置が所定のトラック上にないことが推定されれば、例えば記録動作を禁止することにより、データの破壊を未然に防止することができる。すなわち、磁気ディスク装置の信頼性向上に寄与するものである。

【0080】図12は、本発明の更に他の例を説明する図である。図12は本発明によるサーボ情報及びデータ領域のフォーマット構成を模式的に表したものであり、図の左右方向がヘッド走行方向、上下方向がトラック幅方向である。サーボ情報構成の一例として、PLL部121、アドレスマーク(AM)122、シリンダ番号等123、これまで説明してきた本発明によるサーボマーク124があり、それにデータ125を加えて1サーボセクタとなり、サーボセクタが繰り返されて1本のトラックを構成する。サーボセクタ繰り返しの回数は50回から150回程度である。

【0081】いま、上記トラックが数百～数千本まとまってゾーンNを構成する。ディスク内周から外周にかけて、ゾーンの個数は5～30程度である。各ゾーンにおけるPLL部121、アドレスマーク(AM)122、シリンダ番号等123におけるパターンの記録周波数は f_0 で一定である。一方、ゾーンN、N+1、N+2、...のサーボマーク124の記録周波数はそれぞれ

異なる。各ゾーンN、N+1、N+2、...毎に異なるサーボマーク124の記録周波数に関する情報は例えばシリンダ番号123に対応させて、各ゾーン毎でのサンプリング周波数を与えるようなテーブルをROM等に記録しておき、磁気ヘッドがアクセスするシリンダに対して所定のサンプリング周波数でサンプリングすることにより、ゾーン毎の記録周波数変化に対応することができる。

【0082】望ましくは、外周側ゾーンの記録周波数は高く、内周側ゾーンの記録周波数は低い方がよい。また、更に望ましくは、以下の考え方に基づいて記録周波数を定めるのがよい。面内磁気記録されたパターンの再生波形は、ヘッドと媒体の記録能力により、比較的記録密度の低い場合には波形の半値幅(PW50値)の狭い孤立波となる。記録周波数を上げ、記録密度が高くなるにつれて、波形は次第に正弦波形状に近くなる。波形の周波数スペクトルをみると、孤立波は基本波成分に加え、第2次以降の高調波成分が多数観測される。一方、位置信号波形復調時には、高域や低域のノイズ低減の目的から、基本波周辺の周波数のみ濾波を行い、高域の成分をカットすることが通常行われる。このことから、高域成分のカットの少ない、エネルギー効率のよい記録周波数の選択が望まれ、その値は孤立波を記録したときの半値幅(PW50値)の約3倍が波形の記録周期(記録周波数の逆数)となる場合である(IEEE Transaction on Magnetics, 32-5, pp.3899-3901(1996))。従って、各ゾーンに孤立波を記録したときの半値幅(PW50値)の約3倍が波形の記録周期(記録周波数の逆数)となるように、各ゾーンの記録周波数を決めるとよい。この方法によると、サーボ信号の復調波形を、最もエネルギー効率のよい状態で得ることが可能となり、位置信号の品質を良好に保つことができ、最終的に位置決め精度が向上することになる。さらに上記の考え方は、ゾーン毎ではなく各トラック毎に適用してもよい。

【0083】次に、図13及び図14により、本発明による磁気ディスク装置及び内部回路の一例を説明する。図13(a)は本発明における磁気ディスク装置の平面図を、図13(b)は(a)のA-A'断面を、それぞれ模式的に示したものである。磁気ヘッド131はヘッド支持部材132を介して、ボイスコイルモータ(VCM)を含むヘッドアクチュエータ133により駆動される。一方、磁気ディスク134は、ディスクスピンドル135を介して、スピンドルモータ136により駆動される。以上の構成部品はベース137に搭載され、カバー138により密閉される。また、記録・再生、その制御及び磁気ヘッドの位置決め制御、電源制御、データや制御信号、電力等の入出力は、回路基板139に搭載された回路にて行われる。

【0084】図14は、上記回路内部の働きを模式的に表した機能ブロック図である。磁気データ情報1311

をはじめ、制御信号1312、アドレス情報1313やステータス情報1314、電力1315入出力は、インタフェース回路1301により入出力制御され、磁気データ情報1311は記録/再生回路系1302、制御信号1312はコントローラ1303、アドレス情報1313やステータス情報1314は位置決め回路部1304、電力1315は電力コントローラ1305に、それぞれ入出力される。電力コントローラ1305から供給される電力により、スピンドルや各回路が駆動(1316、1317)され、位置決め回路部1304からのサーボ情報1318によりヘッドアクチュエータが駆動される。記録/再生回路部1302より磁気ディスク1306に対して、磁気ヘッド1307を介して記録/再生情報1319がやりとりされる。ここで、本発明による位置決め方法による位置、速度情報1320は位置決め回路部1304にてサーボ情報1318へ変換される。他、制御情報1321はコントローラへ送られて、記録/再生回路部1302の制御に使用される。

【0085】

【発明の効果】本発明によると、磁気記憶装置のトラック密度が増加するに従い顕在化してくる位置信号の非線形や信号対雑音比(S/N)の低下、外部からの振動(外乱振動)耐力の低下などのトラック密度増加の阻害要因に対して、より改善された方法と装置を提供し、磁気記憶装置の記憶容量増加に寄与することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるサーボパターンの一例とその再生波形例を示す模式図。

【図2】従来の「振幅検出サーボ」方式の概略を説明する図。

【図3】従来の「位相検出サーボ」方式の概略を説明する図。

【図4】本発明によるサーボパターンの他の例とその再生波形の一例を示す模式図。

【図5】本発明によるサーボパターンの他の例とその再生波形の一例を示す模式図。

【図6】図5(a)に示したサーボパターンを記録する方法の一例を説明する図。

【図7】本発明によるサーボパターンを形成する方法の他の例を説明する図。

【図8】サーボ信号復調回路の一例を示すブロック図。

【図9】サーボ信号復調回路の他の例を示すブロック図。

【図10】振幅情報による位置信号と位相情報による位置信号の配分方法を説明する図。

【図11】磁気ヘッドの速度ベクトル検出方法を説明する

ための図。

【図12】ゾーン毎にサーボマークの記録周波数を変化させる例のフォーマット構成を示す図。

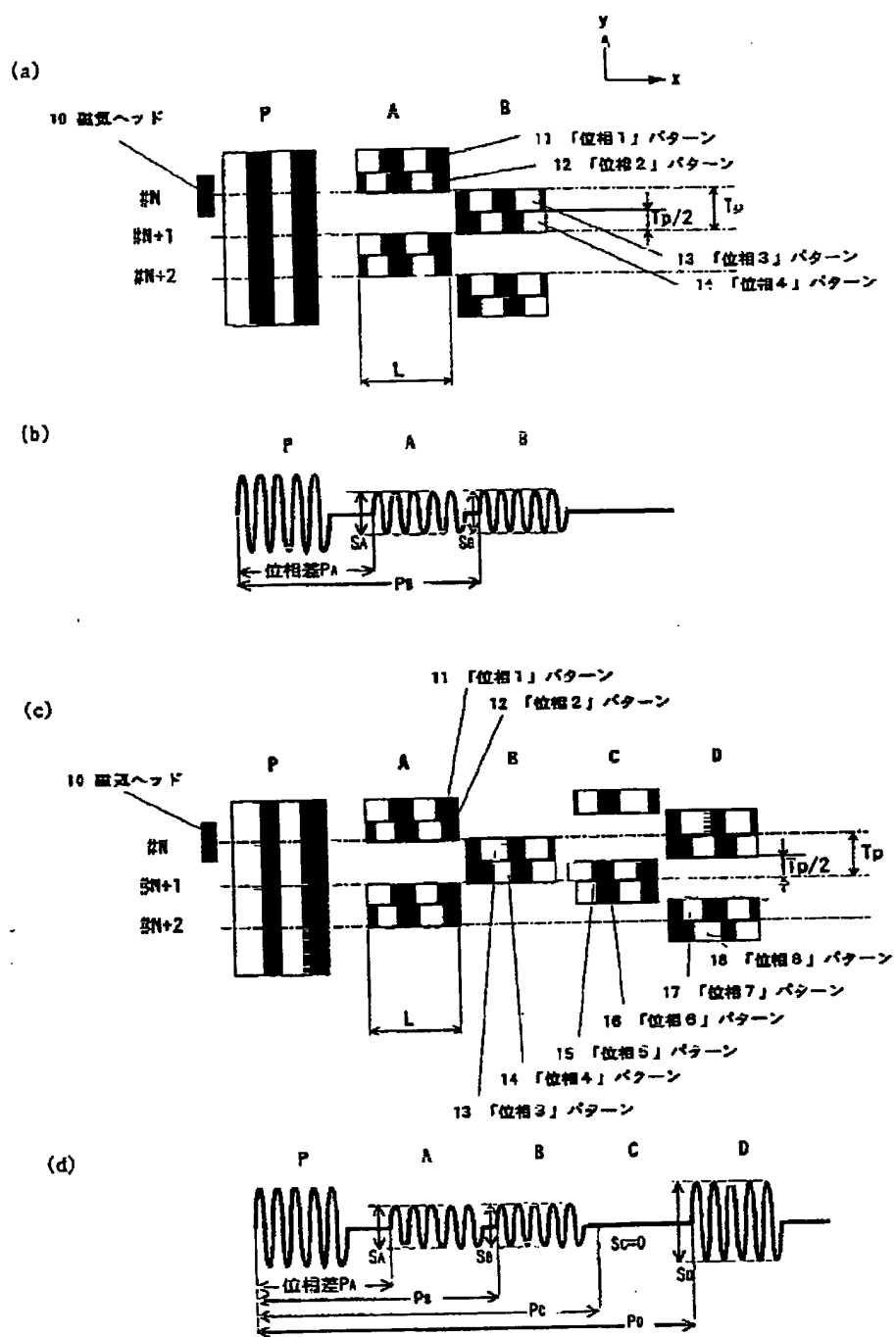
【図13】本発明による磁気ディスク装置の概略図。

【図14】磁気ディスク装置の内部回路の一例を説明する機能ブロック図。

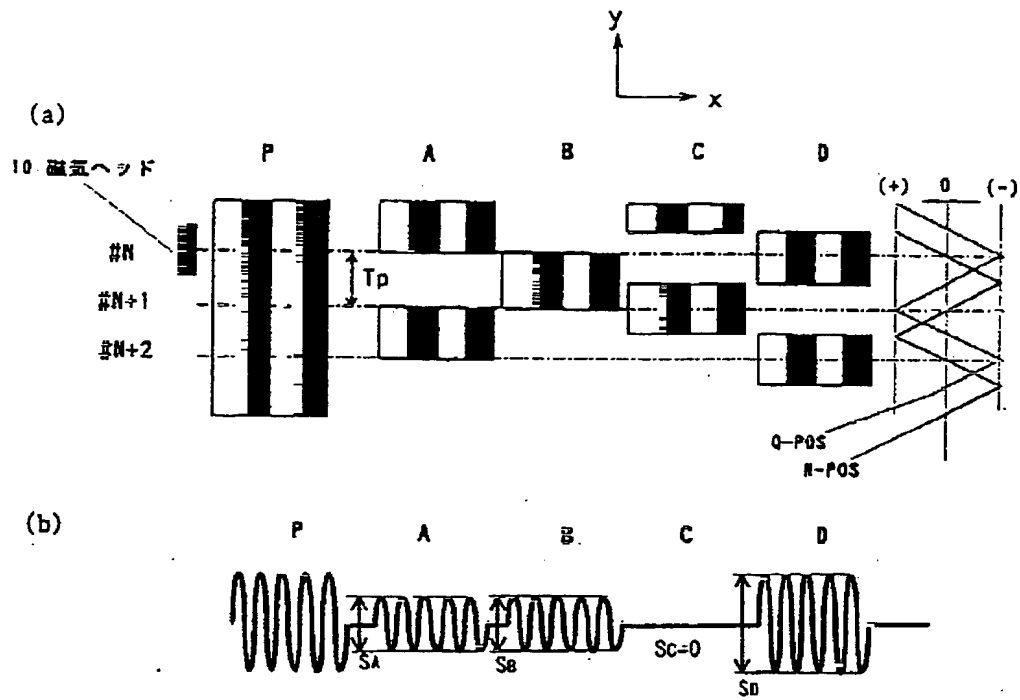
【符号の説明】

10…磁気ヘッド、11…「位相1」のパターン、12…「位相2」のパターン、13…「位相3」のパターン、14…「位相4」のパターン、15…「位相5」のパターン、16…「位相6」のパターン、17…「位相7」のパターン、18…「位相8」のパターン、41…「位相1」のパターン、42…「位相2」のパターン、43…「位相3」のパターン、44…「位相4」のパターン、45…「位相5」のパターン、46…「位相6」のパターン、61…磁気ディスクドライブ、62…スピンドルモータ、63…磁気ディスク、64…ボイスコイルモータ、65…支持部材、66…磁気ヘッド、67…支持部材、68…サーボパターン記録用ヘッド、601…サーボパターン、602…記録ヘッドの軌跡、71…ガラス基板、72…クロム層、73…フォトレジスト、74…レーザ光、75…マスク、76…ガラス基板、77…フォトレジスト、78…照射光、79…磁性膜、701…凸部、702…凹部、81…振幅検出系、82…位相検出系、83…振幅値、84…位相値、91…振幅値、92…位相値、111…磁気ヘッドの軌跡、112…A、Bパターンよりヘッドポジションを算出する位置、113…A'、B'パターンよりヘッドポジションを算出する位置、115…R1パターンよりヘッドポジションを算出する位置、116…R2パターンよりヘッドポジションを算出する位置、121…PLL部、122…アドレスマーク、123…シリンダ番号等、124…サーボマーク、125…データ、131…磁気ヘッド、132…支持部材、133…ヘッドアクチュエータ、134…磁気ディスク、135…ディスクスピンドル、136…スピンドルモータ、137…ベース、138…カバー、139…回路基板、1301…インタフェース、1302…記録/再生回路部、1303…コントローラ、1304…位置決め回路部、1305…電力コントローラ、1306…磁気ディスク、1307…磁気ヘッド、1311…磁気データ情報、1312…制御信号、1313…アドレス情報、1314…ステータス情報、1315…電力、1316…スピンドル駆動、1317…各回路駆動、1318…サーボ情報、1319…記録/再生情報、1320…位置、速度情報、1321…制御情報

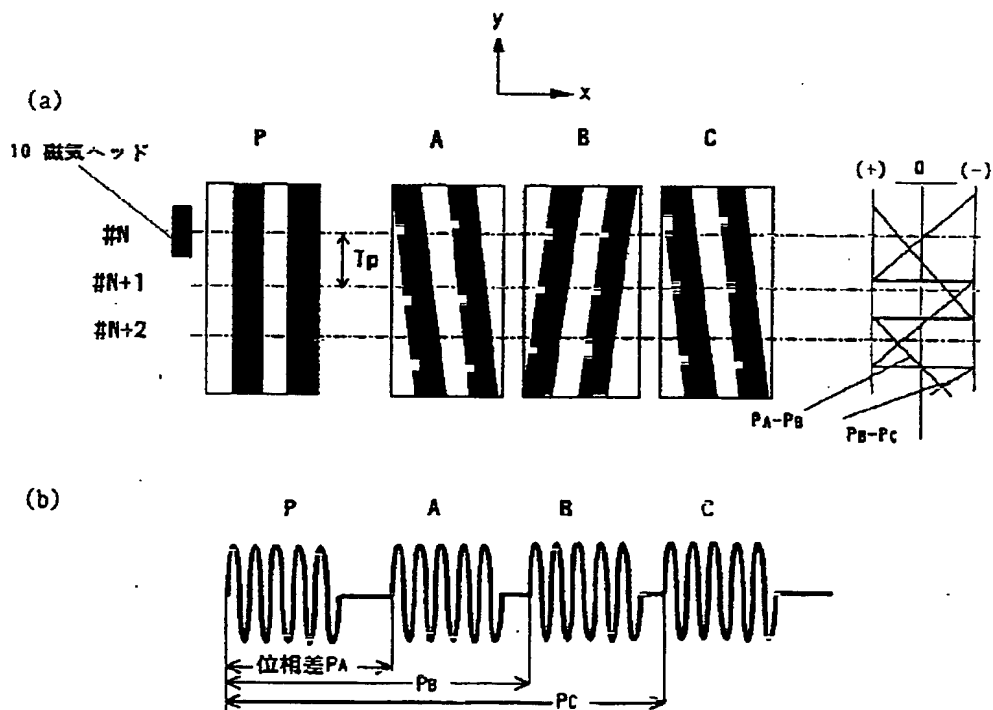
【図1】



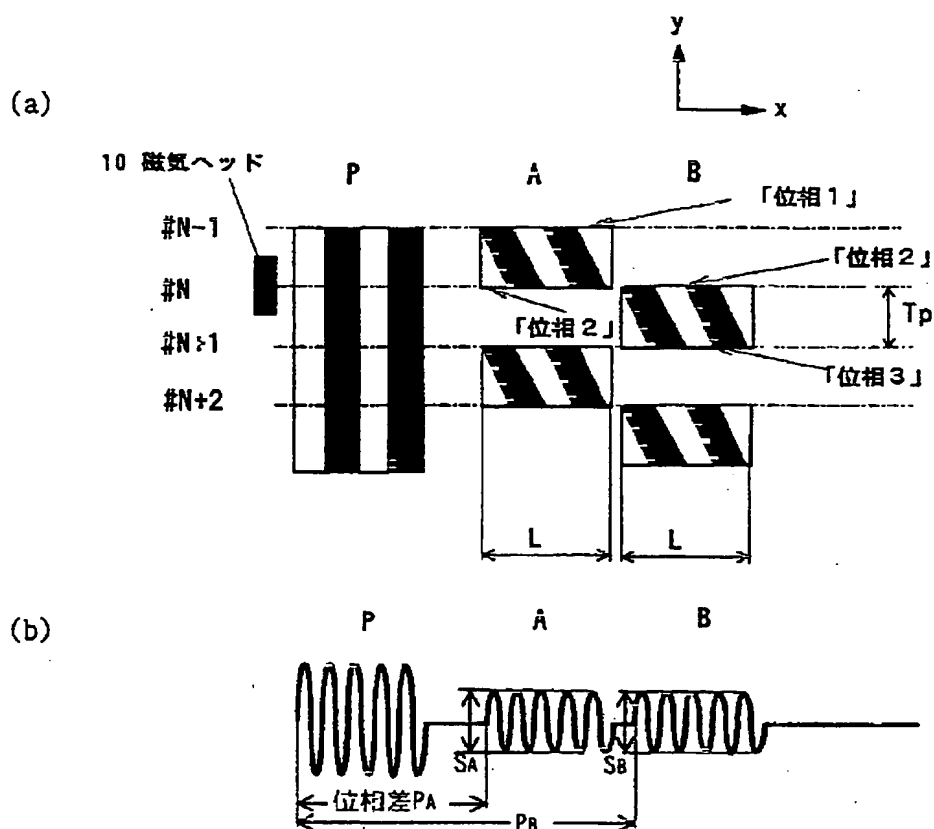
【図2】



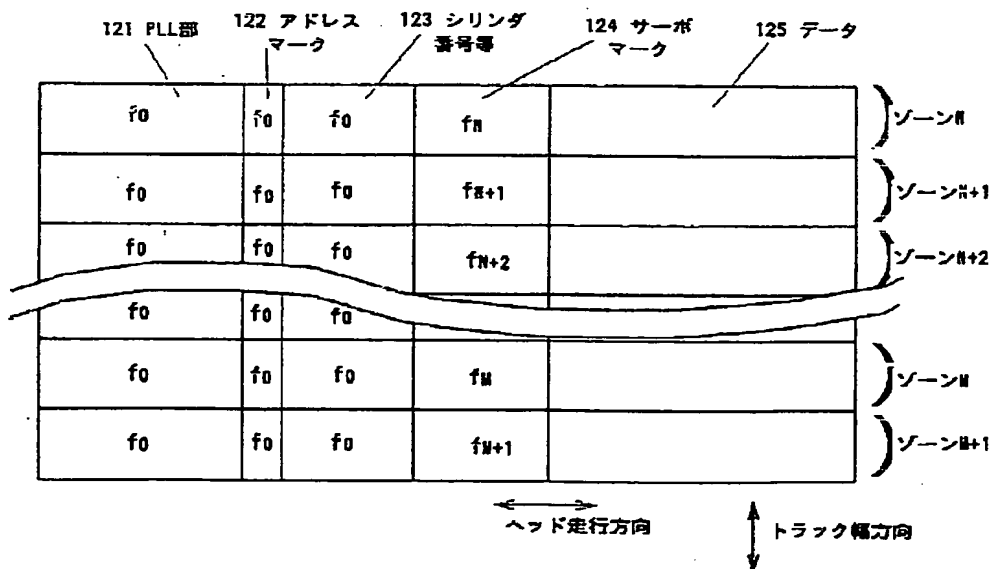
【図3】



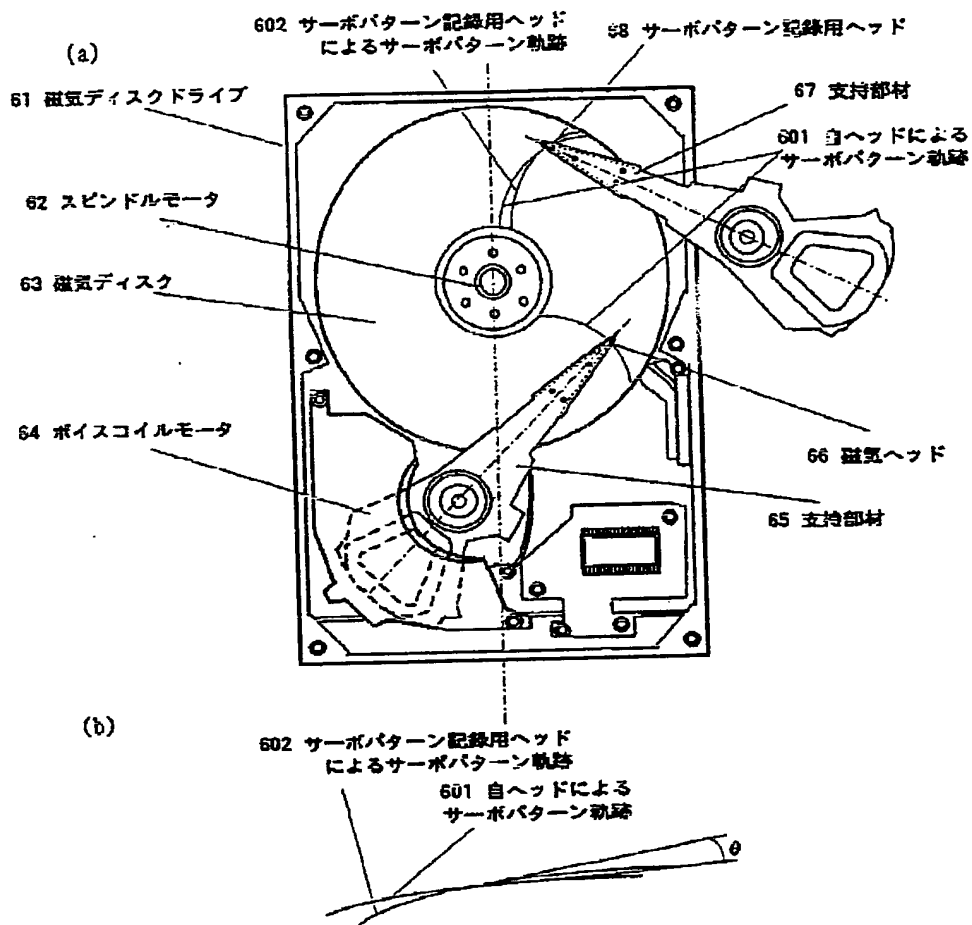
【図5】



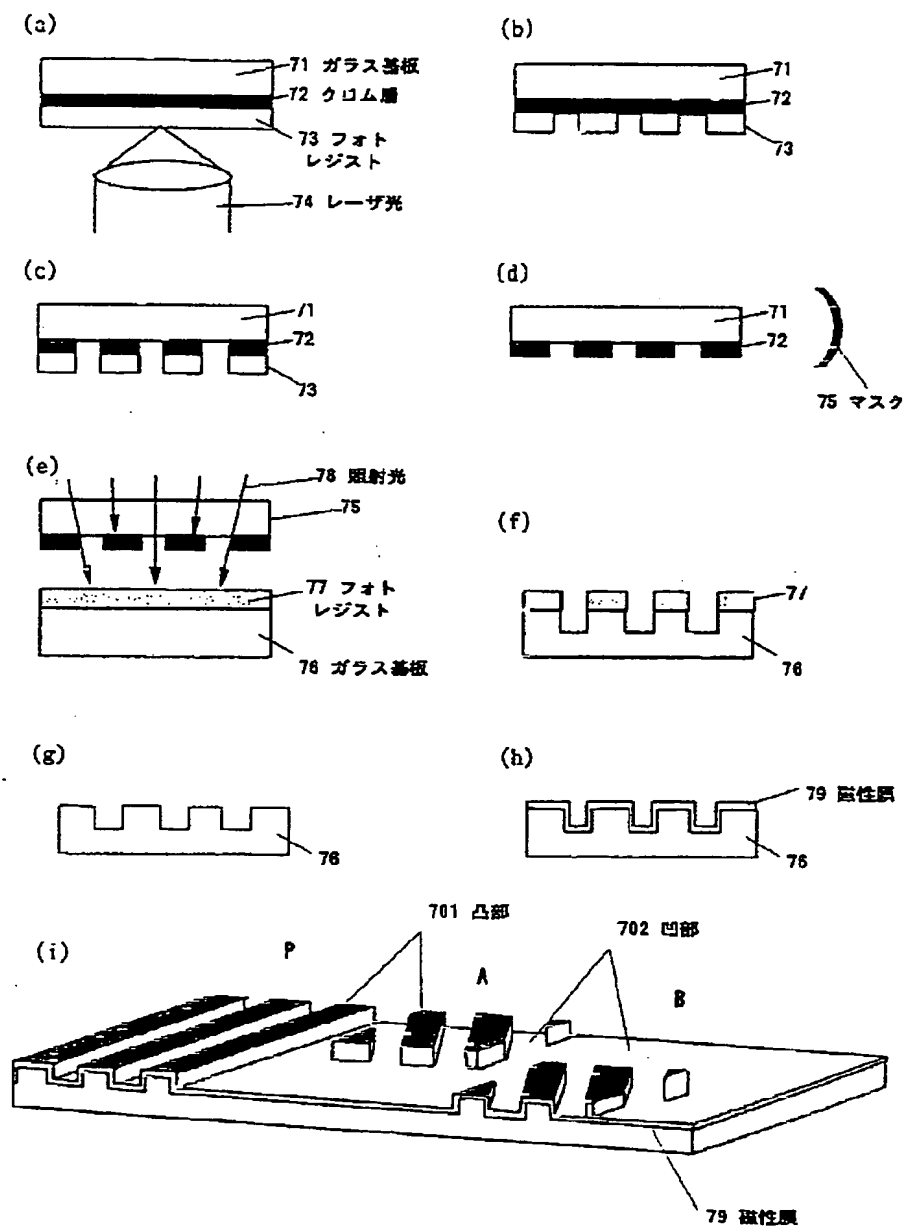
【図12】



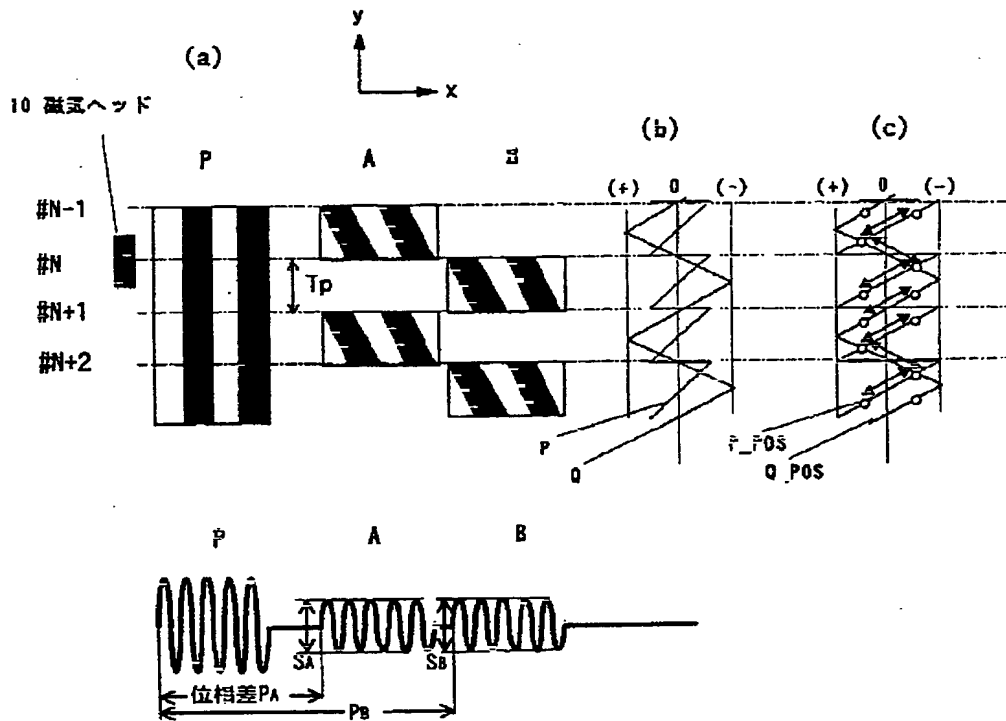
【図6】



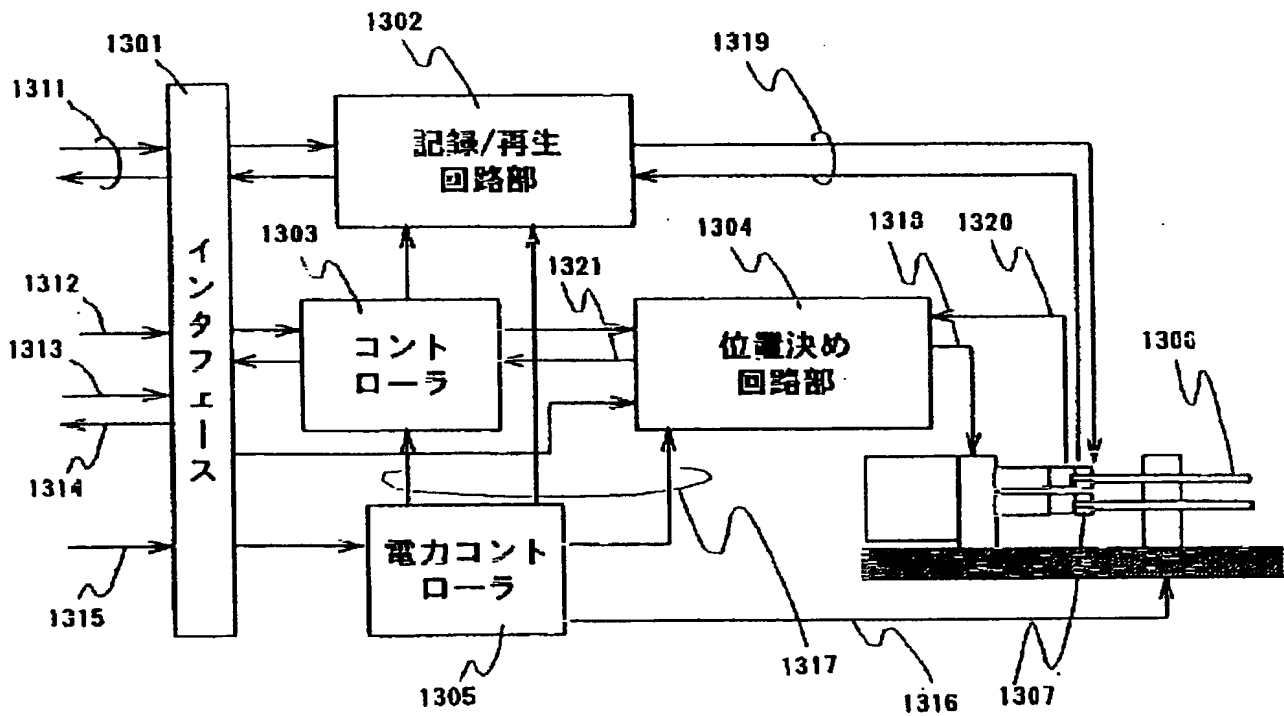
【図7】



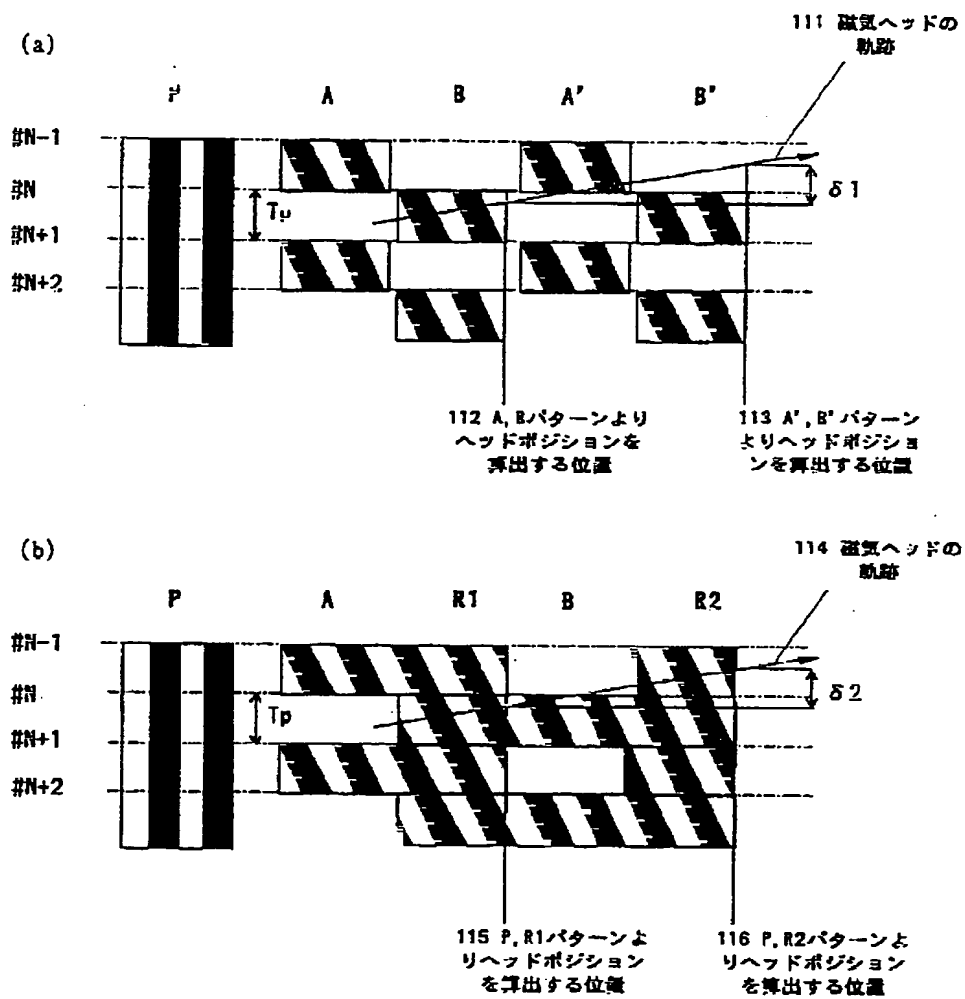
【図10】



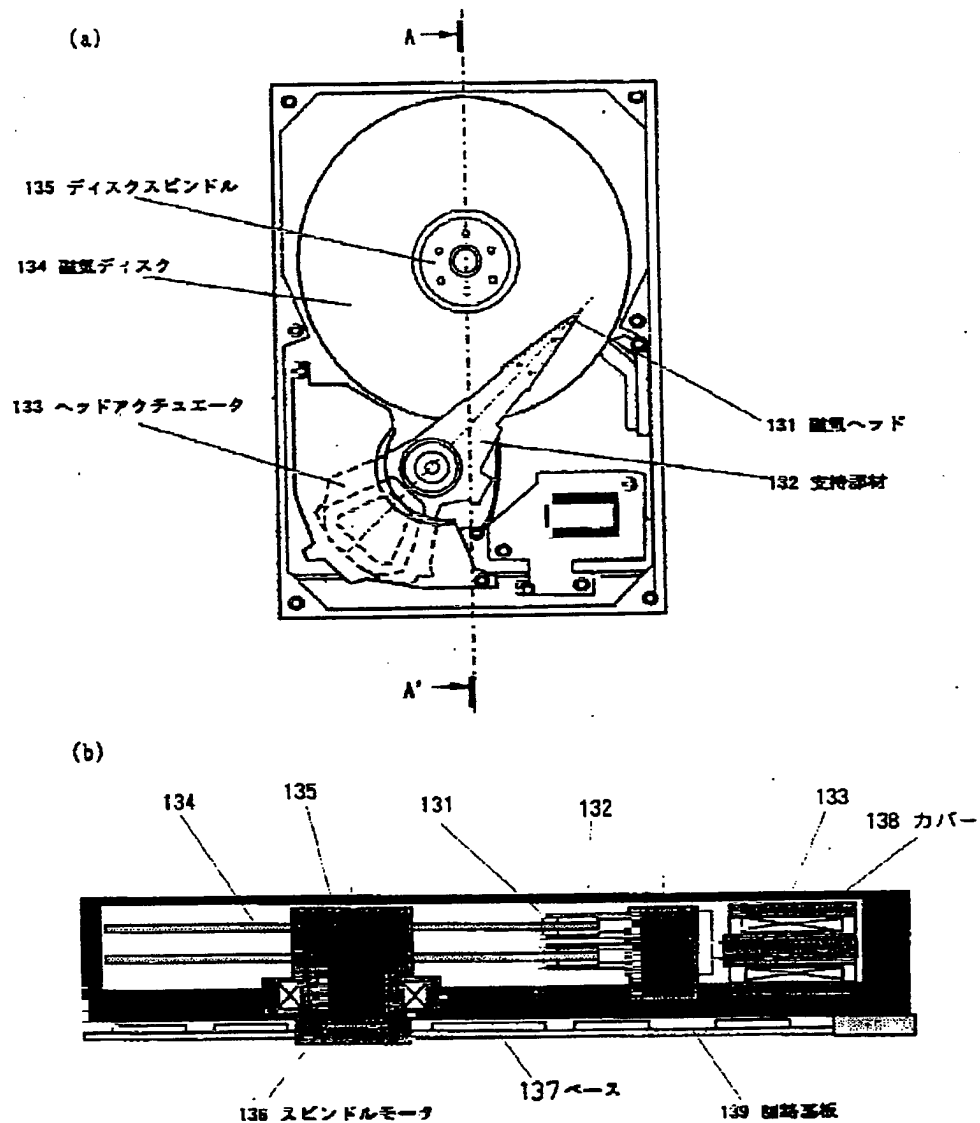
【図14】



【図11】



【図13】



【手続補正書】

【提出日】平成11年10月26日(1999. 10. 26)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項2

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項2】 請求項1記載の磁気記憶装置において、前記サーボ信号復調回路は、各部分信号の振幅は当該部分信号に積分処理を加えることにより求め、位相は前記正弦波関数の位相より求めることを特徴とする磁気記憶

装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項3

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項3】 請求項1記載の磁気記憶装置において、前記サーボ信号復調回路は、各部分信号の振幅及び位相を前記正弦波関数の振幅と位相より求めることを特徴とする磁気記憶装置。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項4

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項4】 請求項1，2又は3記載の磁気記憶装置において、前記サーボ信号復調回路は、振幅から得られる情報と位相から得られる情報に対して異なる重みをつけて前記磁気ヘッド位置信号を復調することを特徴とする磁気記憶装置。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正内容】

【0025】サーボ信号復調回路は、各部分信号の振幅は当該部分信号に積分処理を加えることにより求め、位相は前記正弦波関数の位相より求めるものとすることができる。あるいは、サーボ信号復調回路は、各部分信号の振幅及び位相を前記正弦波関数の振幅と位相より求めるものとすることができる。サーボ信号復調回路は、振幅から得られる情報と位相から得られる情報に対して異なる重みをつけて磁気ヘッド位置信号を復調するのが好ましい。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)